COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-QUATRE-VINGTIÈME.

JANVIER — JUIN 1925.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1925

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1923

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :

APPELL (Paul-Émile), G. O. ✻.
PAINLEVÉ (Paul), ✻.
HADAMARD (Jacques-Salomon), O. ✻.
GOURSAT (Édouard-Jean-Baptiste), O. ✻.
BOREL (Félix-Édouard-Justin-Émile), O. ✻.
LEBESGUE (Henri-Léon), ✻.

SECTION II. — *Mécanique.*

BOUSSINESQ (Joseph-Valentin), O. ✻.
SEBERT (Hippolyte), C. ✻.
VIEILLE (Paul-Marie-Eugène), G. O. ✻.
LECORNU (Léon-François-Alfred), O. ✻.
KŒNIGS (Gabriel-Xavier-Paul), O. ✻.
MESNAGER (Augustin-Charles-Marie), O. ✻.

SECTION III. — *Astronomie.*

DESLANDRES (Henri-Alexandre), O. ✻.
BIGOURDAN (Guillaume), O. ✻.
BAILLAUD (Édouard-Benjamin), C. ✻.
HAMY (Maurice-Théodore-Adolphe), O. ✻.
PUISEUX (Pierre-Henri), O. ✻.
ANDOYER (Marie-Henri), O. ✻.

Section IV. — *Géographie et Navigation.*

Messieurs :

Lallemand (Jean-Pierre, *dit* Charles), O. ✻.
Fournier (François-Ernest), G. C. ✻, ✠.
Bourgeois (Joseph-Émile-Robert), G. O. ✻.
Ferrié (Gustave), C. ✻.
Gentil (Louis-Émile), O. ✻.
N. . . . .

Section V. — *Physique générale.*

Villard (Paul), O. ✻.
Branly (Édouard-Eugène-Désiré), C. ✻.
Berthelot (Paul-Alfred-Daniel).
Brillouin (Louis-Marcel), O. ✻.
Perrin (Jean-Baptiste), O. ✻.
Cotton (Aimé-Auguste), O. ✻.

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

Haller (Albin), G. O. ✻.
Le Chatelier (Henry-Louis), C. ✻.
Moureu (François-Charles-Léon), G. O. ✻.
Béhal (Auguste), C. ✻.
Urbain (Georges), O. ✻.
Bertrand (Gabriel-Émile), O. ✻.

Section VII. — *Minéralogie.*

Barrois (Charles-Eugène), C. ✻.
Douvillé (Joseph-Henri-Ferdinand), O. ✻.
Wallerant (Frédéric-Félix-Auguste), O. ✻.
Termier (Pierre-Marie), O. ✻.
Launay (Louis-Auguste-Alphonse de), O. ✻.
Haug (Gustave-Émile), O. ✻.

SECTION VIII. — *Botanique.*

Messieurs :

GUIGNARD (Jean-Louis-Léon), C. ✻.
MANGIN (Louis-Alexandre), C. ✻.
COSTANTIN (Julien-Noël), O. ✻.
LECOMTE (Paul-Henri), O. ✻.
DANGEARD (Pierre-Augustin-Clément), O. ✻.
MOLLIARD (Marin), ✻.

SECTION IX. — *Économie rurale.*

ROUX (Pierre-Paul-Émile), G. C. ✻.
SCHLŒSING (Alphonse-Théophile), O. ✻.
MAQUENNE (Léon-Gervais-Marie), O. ✻.
LECLAINCHE (Auguste-Louis-Emmanuel), G. O. ✻.
VIALA (Pierre), O. ✻.
LINDET (Gaston-Aimé-Léon), C. ✻.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

BOUVIER (Louis-Eugène), C. ✻.
HENNEGUY (Louis-Félix), O. ✻.
MARCHAL (Paul-Alfred), O. ✻.
JOUBIN (Louis-Marie-Adolphe-Olivier-Édouard), C. ✻.
MESNIL (Félix-Étienne-Pierre), O. ✻.
GRAVIER (Charles-Joseph), O. ✻.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

ARSONVAL (Jacques-Arsène D'), G. O. ✻.
RICHET (Robert-Charles), C. ✻.
QUÉNU (Édouard-André-Victor-Alfred), C. ✻.
WIDAL (Fernand-Georges-Isidore), G. O. ✻.
BAZY (Pierre-Jean-Baptiste), C. ✻.
VINCENT (Jean-Hyacinthe), G. O. ✻.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Messieurs :

PICARD (Charles-Émile), C. ✻, pour les sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-Alfred), C. ✻, pour les sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

HATON DE LA GOUPILLIÈRE (Julien-Napoléon), G. O. ✻.
TISSERAND (Louis-Eugène), G. C. ✻.
BLONDEL (André-Eugène), O. ✻.
FOCH (le maréchal Ferdinand), G. C. ✻, ✠.
JANET (Paul-André-Marie), O. ✻.
BRETON (Jules-Louis).
OCAGNE (Philbert-Maurice D'), O. ✻.
BROGLIE (le duc Louis-César-Victor-Maurice DE), O. ✻.
DESGREZ (Alexandre), O. ✻.
SÉJOURNÉ (Aignan-Paul-Marie-Joseph), C. ✻.

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

SABATIER (Paul), C. ✻, à Toulouse.
GOUY (Louis-Georges), O. ✻, à Lyon.
DEPÉRET (Charles-Jean-Julien), O. ✻, à Lyon.
FLAHAULT (Charles-Henri-Marie), O. ✻, à Montpellier.
KILIAN (Charles-Constant-Wilfrid), O. ✻, à Grenoble.
COSSERAT (Eugène-Maurice-Pierre), ✻, à Toulouse.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE À L'INDUSTRIE.

RATEAU (Camille-Edmond-Auguste), O. ✻, à Paris.
CHARPY (Augustin-Georges-Albert), O. ✻, à Paris.
LUMIÈRE (Louis-Jean), C. ✻, à Lyon.
LAUBEUF (Alfred-Maxime), C. ✻, à Paris.
RABUT (Charles), O. ✻, à Paris.
CLAUDE (Georges), ✻, à Paris.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

Messieurs :

LANKESTER (Sir Edwin Ray), à Londres.
LORENTZ (Hendrik Antoon), C. ✻, à Haarlem (Pays-Bas).
VOLTERRA (Vito), C. ✻, à Rome.
HALE (George Ellery), à Mount Wilson Observatory (Californie).
THOMSON (Sir Joseph John), à Cambridge (Angleterre).
WALCOTT (Charles Doolittle), à Washington.
MICHELSON (Albert Abraham), à Chicago.
BRÖGGER (Waldemar Christofer), C. ✻, à Oslo (Kristiania).
BORDET (Jules-Jean-Baptiste-Vincent), C. ✻, à Bruxelles.
PATERNÒ DI SESSA (Emanuele), G. O. ✻, à Rome.
WINOGRADSKY (Serge), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
N. . . . .

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

MITTAG-LEFFLER (Magnus Gustaf), C. ✻, à Djursholm (Suède).
HILBERT (David), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (Charles-Jean-Gustave-Nicolas DE), O. ✻, à Louvain.
BIANCHI (Luigi), à Pise.
LARMOR (Sir Joseph), à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (Leonard Eugene), à Chicago.
RIQUIER (Charles-Edmond-Alfred), ✻, à Caen (Calvados).
FREDHOLM (Erik-Ivar), à Djursholms Ösby (Suède).
BAIRE (René-Louis), ✻, à Lausanne (Suisse).
N. . . . .

Section II. — *Mécanique* (10).

Messieurs :

Witz (Marie-Joseph-Aimé), ✻, à Lille.
Levi-Civita (Tullio), à Rome.
Schwoerer (Émile), ✻, à Colmar.
Sparre (le comte Magnus-Louis-Marie de), ✻, à Lyon.
Waddell (John Alexander Low), à New-York City.
Torres Quevedo (Leonardo), c. ✻, à Madrid.
Greenhill (Sir George), à Londres.
Andrade (Jules-Frédéric-Charles), ✻, à Besançon.
Camichel (Charles-Moïse), ✻, à Toulouse.
Villat (Henri-René-Pierre), ✻, à Strasbourg.

Section III. — *Astronomie* (10).

Turner (Herbert Hall), à Oxford.
Verschaffel (Aloys), ✻, à Paris.
Lebeuf (Auguste-Victor), ✻, à Besançon.
Dyson (Sir Frank Watson), à Greenwich.
Gonnessiat (François), ✻, à Alger.
Campbell (William Wallace), à Mount Hamilton (Californie).
Fabry (Louis), ✻, à Marseille.
Fowler (Alfred), à Londres.
Brown (Ernest William), à New-Haven (Connectitut).
N...

Section IV. — *Géographie et Navigation* (10).

Teffé (l'amiral baron Antonio Luiz de), à Petropolis (Brésil).
Nansen (Fridtjof), c. ✻, à Lysaker (Norvège).
Hedin (Sven Anders), à Stockholm.
Hildebrandsson (Hugo Hildebrand), c. ✻, à Upsal.
Davis (William Morris), ✻, à Cambridge (Massachusetts).
Amundsen (Roald), g. o. ✻, à Oslo (Kristiania).
Tilho (Jean-Auguste-Marie), o. ✻, à Paris.
Lecointe (Georges), c. ✻, à Uccle (Belgique).
Watts (Sir Philip), à Londres.
Berloty (Camille-Marie-Antoine-Bonaventure), à Ksara (Syrie).

SECTION V. — *Physique générale* (10).

Messieurs :

BLONDLOT (Prosper-René), O. ✻, à Nancy.
GUILLAUME (Charles-Édouard), O. ✻, à Sèvres.
ARRHENIUS (Svante August), G. O. ✻, à Stockholm.
MATHIAS (Émile-Ovide-Joseph), ✻, à Clermont-Ferrand.
ONNES (Heike Kamerlingh), à Leiden (Pays-Bas).
WEISS (Pierre-Ernest), O. ✻, à Strasbourg.
RUTHERFORD (Sir Ernest), à Cambridge (Angleterre).
ZEEMAN (Pieter), à Amsterdam.
BRAGG (Sir William-Henry), à Londres.
N . . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10 + 1).

FORCRAND DE COISELET (Hippolyte-Robert DE), O. ✻, à Montpellier.
GUNTZ (Antoine-Nicolas), O. ✻, à Nancy.
GRAEBE (Carl), à Francfort-sur-le-Main.
GRIGNARD (François-Auguste-Victor), O. ✻, à Lyon.
WALDEN (Paul), à Rostock (Allemagne).
PERKIN (William Henry), à Oxford (Angleterre).
PICTET (Amé), ✻, à Genève.
RECOURA (Albert), O. ✻, à Grenoble.
SENDERENS (Jean-Baptiste), ✻, à Toulouse.
HADFIELD (Sir Robert Abbott), à Londres.
POPE (Sir William Jackson), à Cambridge (Angleterre).

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

TSCHERMAK (Gustav), à Vienne (Autriche).
HEIM (Albert), à Zurich.
GROSSOUVRE (Marie-Félix-Albert DURAND DE), O. ✻, à Bourges.

Messieurs :

BECKE (Friedrich Johann Karl), à Vienne (Autriche).
FRIEDEL (Georges), O. ✻, à Graffenstaden (Bas-Rhin).
BIGOT (Alexandre-Pierre-Désiré), ✻, à Caen.
LUGEON (Maurice), O. ✻, à Lausanne.
MARGERIE (Emmanuel-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✻, à Strasbourg.
GLANGEAUD (Philippe), ✻, à Clermont-Ferrand.
CORNET (Jules), à Mons (Belgique).

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

ENGLER (Heinrich Gustav Adolf), à Dahlem, près de Berlin.
DE VRIES (Hugo), à Lunteren (Pays-Bas).
VUILLEMIN (Jean-Paul), ✻, à Malzéville (Meurthe-et-Moselle).
SAUVAGEAU (Camille-François), ✻, à Bordeaux.
CHODAT (Robert-Hippolyte), ✻, Palmella, Pinchat, près de Genève.
LECLERC DU SABLON (Albert-Mathieu), ✻, à Vénéjan (Gard).
MASSART (Jean), à Etterbeek-Bruxelles.
JUMELLE (Henri-Lucien), ✻, à Marseille.
MAIRE (René-Charles-Joseph-Ernest), ✻, à Alger.
N. . . . .

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

GAYON (Léonard-Ulysse), C. ✻, à Bordeaux.
GODLEWSKI (Emil), à Pulawy (Pologne).
PERRONCITO (Edoardo), C. ✻, à Turin.
WAGNER (Paul), à Darmstadt.
IMBEAUX (Charles-Édouard-Augustin), O. ✻, à Nancy.
BALLAND (Joseph-Antoine-Félix), O. ✻, à Saint-Julien (Ain).
NEUMANN (Louis-Georges), O. ✻, à Saint-Jean-de-Luz (Basses-Pyrénées).
TRABUT (Louis), O. ✻, à Alger.
EFFRONT (Jean), à Bruxelles.
N. . . . .

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

Messieurs :

RAMON CAJAL (Santiago), C. ✻, à Madrid.
BOULENGER (George-Albert), à Bruxelles.
BATAILLON (Jean-Eugène), O. ✻, à Clermont-Ferrand.
CUÉNOT (Lucien-Claude), ✻, à Nancy.
VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-Albert), ✻, à Marseille.
BRACHET (Albert-Toussaint-Joseph), ✻, à Bruxelles.
LAMEERE (Auguste-Alfred-Lucien-Gaston), à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
VIGUIER (Antoine-François-Camille), ✻, à Alger.
WILSON (Edmund Beecker), à New-York.
SCHMIDT (Ernst Johannes), O. ✻, à Copenhague-Valby (Danemark).

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

CALMETTE (Léon-Charles-Albert), G. O. ✻, à Paris.
PAVLOV (Jean Petrovitch), à Pétrograd.
YERSIN (Alexandre-John-Émile), C. ✻, à Nha-Trang (Annam).
BERGONIÉ (Jean-Alban), G. C. ✻, à Bordeaux.
DEPAGE (Antoine), C. ✻, à Bruxelles.
BRUCE (Sir David), à Londres.
WRIGHT (Sir Almroth Edward), à Londres.
NICOLLE (Charles-Jules-Henri), O. ✻, à Tunis.
SHERRINGTON (Sir Charles Scott), à Oxford.
LAGRANGE (Pierre-Félix), O. ✻, à Bordeaux.



COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JANVIER 1925.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN, PUIS DE M. LOUIS BOUVIER ET DE M. CHARLES LALLEMAND.

M. **Guillaume Bigourdan**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1924.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1925.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les tomes 177 (2e semestre de l'année 1923) et 178 (1er semestre 1924) sont parus avec leurs tables et ont été mis en distribution.

Les numéros du 2e semestre de l'année 1924 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Le volume des tables générales de 1896 à 1910 est en préparation.

Mémoires de l'Académie. — Aucun volume n'a été publié en 1924.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Le tome X, années 1832-1835, est paru et a été mis en distribution. Un volume de tables générales est en préparation.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1925 est paru et est mis en distribution au cours de cette séance.

Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris. — Le fascicule I est paru et a été mis en distribution.

Le fascicule II est paru et est mis en distribution au cours de cette séance.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1924.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Émile Bertin**, le 22 octobre, à la Glacerie, Manche.

Académiciens libres. — M. le prince **Roland Bonaparte**, le 14 avril, à Paris.

Division des Applications de la Science à l'Industrie. — M. **Hilaire de Chardonnet**, le 11 mars, à Paris.

Associés étrangers. — Sir **Archibald Geikie**, le 10 novembre, à Shepherd's down, Haslemere.

Membres élus depuis le 1er janvier 1924.

Académiciens libres. — M. le duc **Maurice de Broglie**, le 25 février, en remplacement de M. Ch. de Freycinet, décédé;

M. **Alexandre Desgrez**, le 10 mars, en remplacement de M. A. de Gramont, décédé;

M. **Paul Séjourné**, le 8 décembre, en remplacement de M. le prince Roland Bonaparte, décédé.

Division des Applications de la Science à l'Industrie. — M. **Charles Rabut**, le 2 juin, en remplacement de M. Maurice Leblanc, décédé;

M. **Georges Claude**, le 1er décembre 1924, en remplacement de M. le comte Hilaire de Chardonnet, décédé.

Associés étrangers. — M. **Serge Winogradský**, le 7 avril, en remplacement de M. J. D. Van der Waals, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Émile Bertin**, mort à la Glacerie, Manche, le 22 octobre 1924.

Associés étrangers. — Sir **Archibald Geikie**, mort à Shepherd's down Haslemere, le 10 novembre 1924.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1924.

Pour la Section de Géométrie. — M. **Claude Guichard**, le 6 mai, à Paris.

Pour la Section de Botanique. — M. **Eugène Warming**, le 2 avril, à Valby, près de Copenhague; M. **G. B. De Toni**, le 31 juillet, à Modène.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Jacques Loeb**, le 12 février, à Hamilton, îles Bermudes; M. **Eugène Simon**, le 17 novembre, à Paris.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1924.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **B. Berloty**, à Ksara, Syrie, le 7 juillet, en remplacement de M. Elie Colin, décédé.

Pour la Section de Chimie. — Sir **William Pope**, à Cambridge, Angleterre, le 12 mai, en remplacement de M. George Ellery Hale, élu associé étranger.

Pour la Section de Botanique. — M. **G. B. De Toni**, à Modène, le 23 juin, en remplacement de M. Eug. Warming, décédé.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Edmund B. Wilson**, à New-York, le 5 mai, en remplacement de M. Jacques Loeb, décédé; M. **Johannès Schmidt**, à Copenhague, le 19 mai, en remplacement de Sir Norman Lockyer, décédé.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Félix Lagrange**, à Bordeaux, le 14 janvier, en remplacement de M. Jules Bordet, élu associé étranger.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de Géométrie. — M. **Claude Guichard**, mort à Paris, le 6 mai 1924.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Édouard Stephan**, mort à Marseille, le 31 décembre 1923.

Pour la Section de Physique générale. — Sir **James Dewar**, mort à Londres, le 27 mars 1923.

Pour la Section de Botanique. — M. **G. B. De Toni**, mort à Modène, le 31 juillet 1924.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Serge Winogradsky**, à Brie-Comte-Robert, élu associé étranger, le 7 avril 1924.

Pour les sections qui seront désignées par l'Académie :

A. — Les correspondants suivants pour la Section d'Astronomie : M. **J.-B. Gaillot**, mort à Chartres, le 4 juin 1921 ; Sir **William Christie**, mort en mer, se rendant de Mogador à Gibraltar, le 22 janvier 1922 ; M. **Jacobus Cornelius Kapteyn**, mort à Groningue, Pays-Bas, le 18 juin 1922 ; M. **H. G. Van de Sande Bakhuyzen**, mort à Leiden, Pays-Bas, le 8 janvier 1923.

B. — Le correspondant suivant pour la Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Eugène Simon**, mort à Paris, le 17 novembre 1924.

M. **Guillaume Bigourdan**, président sortant, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

La présidence de notre Académie, tâche annuelle et honorable entre toutes que vous m'avez fait l'honneur de me confier pour 1924, est arrivée à sa fin. Permettez-moi de vous dire que je garderai le souvenir le plus reconnaissant du témoignage de confiance que vous avez bien voulu me donner ainsi.

J'ai trouvé auprès de notre éminent vice-président M. Bouvier, auprès de nos savants secrétaires perpétuels, MM. E. Picard et A. Lacroix, les conseils les plus autorisés, le concours le plus constant : je les prie de vouloir bien agréer aussi mes remercîments les plus vifs.

J'avais eu sous les yeux, en 1923, l'exemple de mon éminent prédécesseur, M. Haller, qui a su rétablir la ponctualité pour l'ouverture de nos séances. D'autre part, la règle que vous avez inaugurée cette année, de vous placer

près du tableau noir pour faire vos communications académiques, a corrigé sensiblement les défectuosités de notre salle, et diminué le bruit des conversations particulières dans la partie droite que vous avez réservée.

Malgré tous ces secours, malgré votre bienveillant appui, je n'ai pu obtenir le même silence relatif dans la partie gauche, vers l'entrée. Je m'en excuse, en vous remerciant encore, en vous offrant mes vœux les plus vifs pour la nouvelle année. Je prie M. Bouvier de prendre le fauteuil, et j'invite M. Lallemand à venir occuper au bureau sa place de vice-président.

En prenant possession du fauteuil de la présidence M. **Émile Bouvier** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Il y a vingt-trois années que j'occupe au milieu de vous la place laissée vacante par la mort de mon regretté collègue du Muséum, Henri Filhol. Cette carrière académique déjà longue me désignait peut-être pour l'honneur de présider nos séances, mais encore fallait-il votre choix bienveillant, et pour ce choix, je tiens à vous exprimer ma vive gratitude.

Comme le disait l'année dernière, à pareille époque, M. Bigourdan, la présidence de cette Académie est une charge difficile, car elle suppose de l'autorité scientifique et un esprit largement ouvert sur tous les horizons de la science. Vous m'avez supposé ces qualités transcendantes, et c'est fort généreux de votre part; mais je sais trop bien que je ne les possède pas, et c'est un des motifs principaux qui m'ont fait redouter l'honneur de votre choix.

Oui vraiment, j'ai redouté cet excès d'honneur, et je le regretterais encore si je ne savais pouvoir compter sur votre indulgence, sur les lumières et la haute autorité de nos Secrétaires perpétuels, sur le concours de M. Lallemand que ses talents ont désigné pour la vice-présidence, — avant tout, si mes deux prédécesseurs n'avaient, chacun pour sa part, introduit des réformes efficaces et profondes dans la tenue de nos séances. Il convient de rappeler ces réformes, parce qu'elles sont tout à l'honneur des deux énergiques volontés qui en prirent l'initiative et de vous aussi, mes chers Confrères, qui les avez résolument acceptées.

Grâce à l'inflexible exactitude de M. Haller, nos séances, depuis deux ans, s'ouvrent à trois heures très précises, ce qui est pour chacun de nous un bénéfice de temps, pour le public une mesure courtoise et pour notre Compagnie tout entière une discipline bienfaisante. Il faut louer sans réserve

l'éminent Confrère qui a su non pas nous imposer, mais nous faire accepter une telle règle.

L'initiative de M. Bigourdan n'a été ni moins hardie, ni moins heureuse. Sans avoir recours au procédé qu'il rapporta l'année dernière, d'après Fontenelle, et qui consistait, pour modérer le bruit des conversations trop verbeuses, à placer côte à côte des confrères de disciplines différentes, il a voulu rendre plus discrets les rapports qui s'établissent entre nous et avec le public, et à donner à nos séances un calme digne qu'on ne leur connaissait plus depuis longtemps.

Ce n'est pas le silence absolu, que nul ne désire et qui enlèverait à nos réunions le mouvement de vie qui les anime, c'est une sourdine à mettre dans nos échanges d'idées, une sourdine qui permet ces échanges sans faire obstacle à l'audition des orateurs. En dépit du scepticisme qu'avait fait naître dans nos rangs une coutume plus que séculaire, mon tenace prédécesseur est parvenu, dans une large mesure, au résultat qu'il s'était fixé : il a calmé nos ardeurs sans les éteindre, discipliné nos entretiens sans les bannir, et pour avoir entrepris cette réforme, il mérite d'être associé aux louanges que nous adressons tous à M. Haller.

De ces louanges une part doit aussi revenir à vous qui avez su apprécier les deux réformes et vous astreindre à les suivre. L'année dernière, M. Bigourdan attribuait pour une grande part le tumulte des séances à l'incommodité de notre installation matérielle, à son défaut d'adaptation aux besoins d'une assemblée qui attire autour d'elle public et publicistes. C'était vrai, mais il avait compté sans la ténacité qui l'anime et sans votre esprit de discipline; cette salle ne pouvant être adaptée parfaitement à nos besoins, nous nous sommes adaptés à son insuffisance, ce qui semble bien faire échec aux théories récentes qui tendent à réduire, sinon à contester tout à fait, le rôle de l'adaptation. Cette adaptation, la nôtre, n'est pas encore parfaite, sans doute elle semble même avoir une tendance à s'affaiblir, mais je suis sûr que vous ferez un effort pour la pousser plus loin, d'ailleurs un très léger effort; c'est à l'entrée de la salle, près de la table des signatures, que se tiennent les conversations les plus nombreuses et les plus bruyantes; il sera facile de franchir la porte et de les tenir dans la vaste salle des pas perdus. Ce sera tout profit pour le public et pour nous, pour la presse également qui se trouve aujourd'hui près des orateurs et qui, à juste titre, désire convenablement les entendre.

Pour terminer, je reviens à mon point de départ, c'est-à-dire à l'honneur que vous m'avez fait en m'appelant à cette place. S'il est vrai que la prési-

dence de notre Académie est une sorte de royauté annuelle, il est certain aussi que cette charge n'est pas la même pour tous : elle exigea de mes deux prédécesseurs les grands efforts et les hautes qualités qui la rendirent brillante, elle sera, pour moi, simple et modeste, bénéficiaire heureux des résultats acquis par mes devanciers. Non, je ne la redoute plus comme à l'époque où vous me fîtes l'honneur de m'élever à la vice-présidence; grâce aux progrès réalisés et à ceux que j'entrevois encore, elle sera paisible et c'est en quelque sorte un roi fainéant qui va succéder à deux royautés franchement actives.

Je m'arrête sur cet espoir et vous laisse la parole pour exposer vos travaux.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** fait l'éloge funèbre d'un Correspondant de l'Académie :

Mes chers Confrères,

L'année dans laquelle nous entrons à peine, et la présidence dont vous avez bien voulu m'investir, débutent sous de bien tristes auspices : le Professeur **Jean Bergonié**, l'un de nos plus illustres Correspondants, et à coup sûr le plus admirable pour son dévouement scientifique absolu, s'est éteint il y a quelques jours, après un long martyre dont il avait stoïquement calculé toutes les étapes, et qu'il a supporté avec la philosophie héroïque d'un sage. Il ne vivait que pour la Science; il s'est très sciemment sacrifié pour elle; il a pu s'en aller fier de lui avoir donné sa vie.

C'est bien sa vie tout entière, en effet, qu'il a donnée à la Science pour guérir ou restreindre les misères de la pauvre humanité. Ce fut là son constant objectif.

Il a été un novateur, je dirai presque un révolutionnaire, à la Faculté de Médecine de Bordeaux où son enseignement de Physique médicale et d'Électricité biologique sortit des voies banales ordinaires pour entrer dans un domaine tout nouveau, la médication par les agents physiques. Ce qui a rendu cet enseignement fécond et donné à l'École de Bordeaux la faveur universelle, ce qui a permis au vaillant professeur de fonder ses *Archives*

d'électricité médicale et de trouver pour ce périodique, des collaborateurs dans le monde entier, c'est la direction qu'il a imprimée lui-même à ses travaux, étudiant la dissipation de l'énergie chez l'homme et ses rapports avec l'état de santé, multipliant les mesures calorimétriques et ergométriques, recherchant la répartition des dépenses énergétiques, inventant ou modifiant quantité d'appareils qui sont restés dans la pratique médicale. Jamais on ne sut mieux associer cette pratique à la recherche pure.

Mais ce n'est là qu'une partie de sa tâche. Chargé du cours d'Électricité biologique, il a donné à cette partie de la science un développement que bien peu soupçonnaient avant lui : étudiant le courant de haute fréquence, il en a tiré des méthodes qui permettent de soutenir efficacement les organismes débilités sans mettre à contribution leur tube digestif; et ses recherches sur la faradisation générale du muscle l'ont conduit au traitement connu aujourd'hui sous le nom de « cure de l'obésité ».

Il a entrevu l'importance que devaient avoir en médecine les rayons X et les émanations du radium et il s'est jeté bravement dans cette direction nouvelle où il a trouvé la gloire, mais aussi la mort! — La gloire, avec cette *loi de Bergonié et Tribondeau*, qui a révolutionné le traitement du cancer en montrant que les rayons X respectent les éléments cellulaires différenciés des tissus, mais détruisent ceux qui sont en prolifération active, les éléments mêmes qui se multiplient dans les formations cancéreuses. — La mort, parce que ces effluves bienfaisants sont parfois terriblement dangereux, parce qu'il voulait les bien connaître et ne recula pas devant leur danger, parce qu'il continua de se tenir en face d'eux lorsque déjà, ils l'avaient gravement touché. Soldat de la Science, il s'est dévoué complètement dans cette bataille, où le bombardement des atomes remplace celui des canons, et n'offre pas moins de périls.

Dès lors, on ne saurait être surpris du rôle que joua Bergonié au cours de la Grande guerre. C'était un nouveau champ de bataille, et bien que frappé déjà, il y fut admirable comme dans l'autre. Ses talents et son ingéniosité se donnèrent libre cours; c'est alors qu'il créa la méthode du massage pneumatique, pour le traitement des séquelles de blessures, l'électrovibreur pour l'extraction des projectiles magnétiques, la radioscopie en lumière rouge pour l'extraction des projectiles non vibrants.

Mais c'est dans l'autre bataille, celle où il lutta durant toute son existence de savant, que Bergonié devait disparaître. Il fut d'abord un mutilé de cette guerre, un mutilé de deux doigts, ce qui lui valut en 1913 la médaille d'or de la Fondation Carnegie; et il portait modestement cette

mutilation quand, en 1916, il devint notre Correspondant. Elle ne fut pas la seule. Voici deux années environ, il nous arriva privé de son bras droit, et stoïquement, il nous montrait sa main gauche où les atteintes du mal rongeur n'étaient que trop évidentes. Depuis lors, les ravages de celui-ci furent rapides, ce qui n'empêchait pas le héros d'assister à nos séances et de se prodiguer partout, comme il en avait coutume. Les effluves ne lui pardonnaient pas l'emprise qu'il avait eue sur eux! Bientôt l'apôtre intrépide ne put plus sortir, et c'est dans sa chambre, sur son lit, qu'il reçut les insignes suprêmes de la Légion d'honneur, les insignes de grand-croix que M. le Maréchal Pétain, ayant à ses côtés notre confrère M. Widal, avait tenu à lui remettre. Et puis ce fut la fin, que ce vaillant entrevit sans faiblir. « Jamais, comme l'a dit M. Widal, on n'a vu don plus complet de soi-même. » Bergonié est devenu et restera « le mutilé héroïque qui se dresse comme le symbole du dévoûment à la science et à l'humanité ».

M. **A. Lacroix** dépose sur le bureau le deuxième fascicule de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris :* il annonce que, grâce à l'activité de ses collaborateurs et en particulier de M. Léon Bultingaire, les deux derniers fascicules de cette œuvre paraîtront au cours de l'année 1925.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la déformation tétraédrique.* Note de M. **L. Lecornu.**

Les calculs indiqués dans mes Notes des 3 et 24 novembre (¹) supposent que l'enveloppe sphérique se déforme par l'effet d'influences impalpables. Tel n'est pas le cas d'un ballon qu'on dégonfle en le soutenant d'une façon quelconque : car les pressions des points d'appui et l'action de la pesanteur entrent alors en jeu, et sont capables de faire disparaître la symétrie autour du centre. On peut s'en convaincre en remarquant que, dans le cas très simple d'un anneau suspendu à un fil, le moment fléchissant au voisinage du point d'attache dépasse de $\frac{2}{3}$ le moment fléchissant au point diamétralement opposé.

Or, dès qu'il n'y a plus de centre de symétrie, la déformation tétraédrique apparaît comme vraisemblable, attendu qu'elle représente le

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 853 et 1105.

maximum de symétrie compatible avec l'absence de centre. Ainsi s'expliquent, je crois, les résultats des expériences rappelées par M. Lallemand (¹). En ce qui concerne la Terre une cause de dissymétrie peut être cherchée, comme le fait M. Belot, dans la rencontre d'un nuage cosmique.

Quoi qu'il en soit, il faut, quand on aborde ce genre de questions, ne pas perdre de vue le travail des forces élastiques. La géométrie ne suffit pas; elle conduirait même, ainsi que je l'ai fait observer, à nier toute possibilité de déformation.

GÉOLOGIE. — *Sur le bord externe des chaînes subalpines à l'Est de Valence (Drôme) et sur la brèche des Pialoux.* Note (²) de MM. **W. Kilian** et **G. Sayn.**

Il a été signalé depuis longtemps, à l'Est de Valence, une série d'anomalies intéressantes dans la structure des collines qui constituent les premiers contreforts des chaînes subalpines. Nous rappellerons en particulier l'existence au Sud de Barcelone d'une *brèche calcaire* très particulière, décrite par Scipion Gras, puis par Ch. Lory et indiquée comme oligocène sur la Carte géologique détaillée au 80 000ᵉ, ainsi que le lambeau miocène marin des Pialoux curieusement intercalé entre cette brèche et l'Oligocène lacustre renversé.

Une étude récente de cette région nous permet de proposer une explication de ces faits ainsi que de la structure générale de la bordure subalpine à l'Est de Montvendre.

Lorsque l'on quitte la région des terrasses et cônes de déjections pléistocènes de la Vallée du Rhône, pour se diriger vers l'Est, on rencontre successivement :

1° A l'Est de Chabeuil, des collines constituées par de la mollasse marine vindobonienne dessinant un synclinal qu'occupent les dépôts lacustres du Pontien, bien connus par les travaux de F. Fontannes et de G. Sayn.

2° Une série d'assises miocènes marines (³) verticales puis renversées, auxquelles font suite des couches oligocènes lacustres également renversées; assises, étudiées par Fontannes, puis par M. Depéret.

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1561.

(²) Séance du 29 décembre 1924.

(³) Certaines couches de cette Mollasse sont riches en Bryozoaires noduleux très caractéristiques.

3° Une importante et puissante assise de *brèche* formée de débris anguleux de calcaires urgoniens et barrémiens inférieurs (à *Holcodiscus*). Cette brèche, qui présente l'aspect d'une mylonite, est cependant stratifiée en assises verticales ou renversées vers l'Ouest : le ciment qui unit ses blocs est lui-même formé de petits fragments de calcaire urgonien broyé.

Aux Pialoux, l'on voit s'intercaler entre cette brèche et l'Oligocène un lambeau de mollasse marine burdigalienne.

Cette brèche fait place, au Nord, à des calcaires urgoniens normaux et massifs, dont, après une interruption de quelques centaines de mètres, elle paraît occuper la place au Sud de la Tour de Barcelone, près des Auléas.

4° Des bancs du Barrémien inférieur et de l'Hauterivien que surmonte (*en discordance mécanique*) une puissante série valanginienne peu inclinée, supportant elle-même une série normale hauterivienne et urgonienne.

La succession que nous venons de décrire est déterminée par l'existence des accidents tectoniques suivants, qui sont, de l'Ouest à l'Est :

1° Le synclinal de Chabeuil, formé de mollasse miocène et de Pontien lacustre ;

2° Un anticlinal (renversé) à noyau oligocène ;

3° Un synclinal (des Pialoux) réduit à quelques lambeaux miocènes discontinus pincés entre l'Aquitanien et la *brèche mylonitique* décrite plus haut ;

4° L'*anticlinal de Barcelone* comprenant l'Urgonien de Barcelone et un peu de Barrémien et d'Hauterivien ; mais réduit aussi plus au Sud à une lame *de brèche mylonitique* limitée elle-même à l'Ouest par une ligne de contact anormal qui localement sépare seule le Barrémien du Tertiaire sur près de 1^{km} ;

5° L'*anticlinal de Raye*, à noyau valanginien, refoulé de l'Est à l'Ouest sur le précédent ;

6° Si l'on se dirige vers le Nord-Ouest, on voit qu'il existe plus à l'Est encore un autre pli, l'*anticlinal de Penet*, refoulé sur l'anticlinal de Raye et qui fait apparaître à l'Est de Barbière des noyaux tithoniques.

Ainsi apparaît la structure complexe du bord externe des chaînes subalpines des environs de Valence qui se résout en un *empilement de plis* fortement *refoulés vers l'Ouest.*

Il convient de rappeler que les plis dont il s'agit ici sont notablement extérieurs à ceux de la cluse de l'Isère (Grenoble-Voreppe) et au synclinal asymétrique du Royans qui, tous, témoignent nettement d'un *refoulement analogue vers l'Ouest*, ainsi qu'on le constate d'ailleurs sur le flanc gauche

de la vallée de la Drevenne, près de Saint-Gervais (Isère). Beaucoup plus au Sud, les environs de Saint-Jurs (Basses-Alpes) accusent *également un refoulement post-miocène vers l'extérieur de la chaîne* des plis de la bordure qui ont, d'ailleurs ici, interféré avec des accidents provençaux antérieurs (¹).

La généralité d'un déversement accentué des plis de la bordure extérieure des Alpes françaises sur leur avant-pays est désormais établie et cette notion doit être substituée à la conception trop simpliste qu'avaient adoptée nos prédécesseurs.

ZOOLOGIE. — *Les Nématés, nouvel embranchement du règne animal.* Note (²) de M. Paul Vuillemin.

Les Némathelminthes ne sont ni des Vers ni des Arthropodes; ils forment avec les Échinodérides l'embranchement des Nématés.

Sous le nom d'Helminthes ou Vers intestinaux, les médecins réunissent des animaux parasites de consistance molle, de forme allongée ou courte et, dans ce dernier cas, aplatie ou globuleuse, dépourvus de membres.

Du point de vue zoologique le groupe des Helminthes est hétérogène. On en distrait sans peine les larves vermiformes d'Insectes. Débarrassés des Arthropodes, les Helminthes sont partagés en deux sections qui n'ont pas d'affinité entre elles, les Némathelminthes et les Plathelminthes. Indépendamment de la longueur, les premiers ont une section transversale circulaire, les seconds ont une épaisseur inférieure à la largeur; cette différence est exprimée par les désignations vulgaires de Vers ronds et de Vers plats.

Les Plathelminthes appartiennent à l'embranchement des Vers et à la classe des Annélides; ils forment, au voisinage des Oligochètes, une sous-classe caractérisée par la livrée du parasitisme, reconnaissable même dans les formes émancipées telles que les Turbellariés. Les Plathelminthes dérivent des Oligochètes libres. Ce sont des Vers dégradés.

Les Némathelminthes n'appartiennent pas à l'embranchement des Vers; ils forment une classe de l'embranchement des Nématés. C'est une classe

(¹) W. Kilian et A. Lanquine, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1503, et *Bulletin Serv. Carte géol. de France*, 1924, nº 154.

(²) Séance du 29 décembre 1924.

de parasites; les adaptations parasitaires masqueraient leurs affinités, si nous n'y connaissions un ordre où la vie libre, précédant la vie parasite, maintient, au début de l'ontogénie, les caractères distinctifs d'une autre classe de Nématés qui vit en liberté dans l'eau. Ce témoin du passage des caractères d'un animal aquatique à ceux d'un parasite est l'ordre des Gordiens. L'espèce libre à laquelle un Gordien ressemble tant qu'il n'est pas modifié par le parasitisme appartient au genre *Echinoderes*, type de la classe des Échinodérides qui comprend les Nématés vivant indéfiniment en liberté dans l'eau. Le corps est segmenté dans la larve échinodéroïde des Gordiens comme chez les Échinodérides.

Les Nématés ressemblent aux Arthropodes par la cuirasse cuticulaire qui revêt le corps, entraînant les mues de croissance. Toutefois la cuticule rigide n'a pas la constitution chimique de la chitine, habituelle chez les Arthropodes. L'absence de membres articulés, de trachées ou de branchies pourrait être envisagée comme la suppression d'organes superflus pour un parasite, si elle n'était constante chez les Échinodérides qui ne subissent pas l'influence du parasitisme. Les Nématés constituent donc un embranchement inférieur aux Arthropodes.

Les différences à l'égard des Vers sont aussi capitales. S'ils sont vermiformes, les Nématés n'offrent pas trace des organes les plus caractéristiques des Vers, les néphridies ou organes segmentaires, dont on retrouve des vestiges, surtout au début de l'ontogénie, chez de nombreux Plathelminthes.

Le mode de progression d'un Nématé, par exemple d'un *Ascaris*, est tout autre que celui d'un Ver de terre. Le Ver se déplace par mouvements alternatifs d'allongement et de rétraction, l'*Ascaris* à la façon d'un Serpent, par flexion au niveau des articulations de l'étui cuticulaire.

Les anciens Grecs, bons observateurs, avaient, dans la langue vulgaire, des mots différents pour désigner le Ver de terre ὀρῖλος et le Némathelminthe qui lui ressemble le plus ἀσκαρίς. Ce dernier nom a pour racine σκαίρω et ses dérivés ἀσκαιρω, ἀσκαρίζω qui en diffèrent par l'addition du préfixe ἀ explétif, non privatif. Tous ces verbes signifient palpiter, bondir, sauter. Le nom d'ἀσκαρις oppose à la progression lente et graduelle du ὀρῖλος le mouvement de l'ἀσκαρίς qui se trémousse, se tortille, s'agite sur place ou progresse par saccades.

La simple observation du mouvement suffit à opposer le Némathelminthe au Ver et la séparation est corroborée par l'anatomie comparée. La connaissance de la structure est nécessaire pour distinguer les Némathelminthes des Arthropodes; à son défaut les Grecs confondaient sous le même

nom d'ἀσκαρίς les larves aquatiques de Diptères tels que Tipules et Cousins, qui présentent dans l'eau les mêmes mouvements saccadés que les parasites vermiformes de l'intestin.

Les Latins, moins analystes, confondaient le Ver et l'Ascaride sous le nom de *Lumbricus*. Les naturalistes modernes séparent les genres *Ascaris* et *Lumbricus*, tout en marquant l'analogie par le nom spécifique d'*Ascaris lumbricoides*. Les praticiens, qui dépensent leur sagacité analytique sur un autre terrain que la zoologie, retardent sur l'antiquité grecque, quand ils parlent négligemment de lombricoses, de lombrics parasites. Un langage plus précis ne leur coûterait guère et préviendrait de fâcheuses confusions.

Dujardin (1851) considérait le genre *Echinoderes* Claparède comme intermédiaire entre les Arthropodes et les Vers. En réalité, la classe des Échinodérides ne touche ni à l'un ni à l'autre de ces embranchements. C'est le type primitif, libre, de l'embranchement des Nématés.

Malgré l'absence de documents paléontologiques, l'antiquité de la classe n'est pas douteuse. Elle est représentée actuellement par des animaux surtout marins. Leur rareté, leur diversité permettent d'y voir les débris épars d'un groupe en voie d'extinction, dans lequel les formes intermédiaires ont disparu.

Leur lignée a vraisemblablement décliné avec la température extérieure, trouvant son principal refuge dans le corps des animaux à sang chaud, où les formes primitivement pélagiques rencontrent des liquides sensiblement isotoniques à l'eau de mer.

Outre le genre *Echinoderes*, la classe renferme le genre *Chætonotus*, qui avait été égaré avec les *Echinoderes* parmi les Rotifères et qui est le type des Ichtydines de Metchnikoff, des Gastérotriches d'Edm. Perrier, le genre *Sagitta* hermaphrodite dont Claus faisait l'ordre des Chétognathes inscrit parmi les Némathelminthes à la suite des Nématodes, le genre *Oncolaimus* Dujardin et le genre *Rhabdogaster* Metchn., respectivement rangés dans les familles des Énoplides et des Chétosomidés que l'on place d'habitude dans l'ordre des Nématodes.

Les Némathelminthes forment dans l'embranchement des Nématés une classe de parasites dérivée de la classe des Échinodérides.

CHIMIE. — *Sur le pouvoir absorbant de l'Agar-Agar.* Note (¹) de M. **Jean Effront.**

L'Agar-Agar qui, d'après Samec et Ssajevic, doit être envisagé comme un éther sulfurique de la gélose, absorbe les acides, les alcalis, ainsi que les sels métalliques. Comment doit être interprétée cette action complexe?

Pouvoir absorbant acide et composition saline de l'agar.

Cendres %.	Insolubles.	H^2SO^4.	Calcium.	P^2O^5.	Alcalinité.	Absorption HCl $\frac{n}{10}$.
3,4	0,7	2,5	0,59	0,034	440	280

Pour déterminer le pouvoir absorbant, acide ou alcalin, on introduit dans 100$^{cm^3}$ de la solution $\frac{n}{16}$ une quantité d'agar correspondant à 1^g,25 de matière sèche. Après 12 heures de digestion à 20°, on titre le filtrat. Pour 100^g on trouve une absorption de 280$^{cm^3}$ de HCl $\frac{n}{10}$. L'agar initial est neutre à la phénolphtaléine. Comme les cendres provenant de 100^g exigent pour leur neutralisation 440$^{cm^3}$ de HCl $\frac{n}{10}$, on peut admettre que le pouvoir absorbant acide provient de l'alcalinité de la substance minérale contenue dans la pulpe. Si l'on adopte cette explication, on doit s'attendre à ce que l'absorption de l'acide par l'agar diminue avec la déminéralisation progressive de celui-ci; de plus les ions H provenant de l'acide doivent être fixés sur la pulpe tandis que l'anion doit se retrouver sous forme de sel dans la solution.

	Cendres % de l'agar.	Alcalinité des cendres.	P_H (solution 1%).	Cl dans la solution. (mg)	Absorption (HCl).
I	3,4	440	6,7	224	280
II	3,0	380	–	224	215
III	2,5	260	4,6	225	180
IV	2,3	130	–	223	70
V	1,28	30	3,3	225	0

Dans les essais II à V, l'agar a été traité à différentes reprises par l'acide. Les produits plus ou moins fortement déminéralisés sont d'abord lavés à

(¹) Séance du 29 décembre 1924.

fond à l'eau, puis ils sont mis de nouveau en contact avec HCl $\frac{n}{16}$. L'agar amené à une teneur en cendres de 1,28 pour 100 n'absorbe plus l'acide. Les teneurs en Cl des filtrats I à V apportent la preuve que le Cl ne pénètre pas dans la pulpe.

Des essais analogues ont été faits avec des pulpes de betteraves riches en pectines et déminéralisées à différents degrés.

	Cendres %.	Alcalinité.	Cl dans le filtrat. mg	Absorption (HCl).
Betterave crue........	2,00	472	226	250
« bouillie.....	1,92	360	»	170
Traitée par CH^3COOH.	1,4	196	»	150
Traitée par HCl.......	1,2	81	224	40

La pulpe de betterave se comporte comme l'agar. 100^g de pulpe crue fournissent des cendres dont l'alcalinité correspond à 472^{cm^3} $\frac{n}{10}$. Le pouvoir absorbant acide est de 250. La pulpe déminéralisée avec HCl et dont les cendres donnent 81 d'alcalinité a seulement un pouvoir de 40. Dans le cas de la betterave, l'acide agit sur l'organate en formant des sels solubles qui se retrouvent dans la solution.

Avec l'alcali, l'agar se comporte tout à fait autrement qu'avec l'acide. La base pénètre dans la pulpe et ensuite se laisse difficilement enlever. De plus la teneur en cendres ne joue pas le même rôle que précédemment.

	Cendres.	PH.	NaOH $\frac{n}{10}$ absorbé.	Réaction.
Agar ordinaire........	3,4	6,7	724	neutre
» déminéralisé.....	2,9	5,7	680	acide
» »	1,28	3,3	550	$\left(1^g = 3,2\ \frac{n}{10}\right)$

100^g d'agar, neutre à la phénolphtaléine, absorbent 724^{cm^3} de NaOH $\frac{n}{10}$. L'agar, fortement déminéralisé, exigeant, pour la neutralisation de 1^g, $3^{cm^3},2$ de NaOH $\frac{n}{10}$ en présence de phénolphtaléine, possède seulement un pouvoir absorbant alcalin de 550. Pour mieux se rendre compte du mécanisme de l'absorption de l'alcali, on a cherché à établir sous quel état la substance absorbée se trouvait dans la pulpe.

8^g d'agar sec sont mis en présence de 200^{cm^3} d'eau de chaux. Après 12 heures, on sépare la pulpe du liquide et l'on en détermine le poids. L'ana-

lyse du filtrat (n° 2) nous fournit des données sur la quantité de chaux pénétrée dans la pulpe. On cherche alors à retirer de la pulpe la chaux absorbée, d'abord par un lavage à l'eau (n° 3) et ensuite par un traitement à l'acide (n° 4). Par ces moyens on arrive à récupérer 67 pour 100 de l'alcali disparu au cours de l'absorption. Le reste de la chaux se trouve retenu presque exclusivement sous forme de sulfate.

	Alcalinité $\left(\frac{n}{10}\right)$.	Calcium.
	cm³	mg
1. Au début	84,5	169
2. Dans le filtrat	25,7	69,3
3. Dans l'eau de lavage	24,9	51,3
4. Par le traitement à l'acide	14,5	29,7

Au début, l'alcalinité apportée par l'eau de chaux correspond à $84^{cm^3},5\ \frac{n}{10}$. Après 12 heures on retrouve dans le liquide seulement $25^{cm^3},7\ \frac{n}{10}$. Sur les $58^{cm^3},7\ \frac{n}{10}$ pénétrés dans la pulpe, le lavage par eau en enlève 24,9. La pulpe lavée est alors diluée dans 500^{cm^3} d'eau. On constate une très faible alcalinité à la phénolphtaléine. Par addition de 1^{cm^3} de HCl $\frac{n}{10}$, le mélange devient franchement acide. La pulpe incolore se dépose au fond.

Au bout de quelques minutes elle prend une couleur rose qui s'accentue de plus en plus et finit par passer au rouge; le liquide surnageant reste incolore. Si l'on agite, la pulpe se décolore très rapidement et le liquide devient rose. Par addition de nouvelles quantités d'acide, on arrive à la décoloration, mais la pulpe se colore de nouveau après quelque temps. Le phénomène se reproduit ainsi jusqu'à ce que l'on ait introduit $14^{cm^3},5$ d'acide $\frac{n}{10}$.

Dans les n°s 3 et 4, le calcium trouvé par pesée correspond sensiblement à l'alcalinité de la solution. Ainsi, la chaux absorbée dans la pulpe se laisse extraire à l'état libre. Cependant, le passage de la pulpe de l'état neutre à l'état alcalin, que nous avons constaté précédemment, nous démontre que la chaux ne se trouve pas absorbée à l'état libre, mais à l'état de combinaison neutre qui subsiste dans un milieu faiblement alcalin, et qui se dissocie dès qu'on s'approche de la neutralité.

La dissociation de la combinaison calcique se laisse aussi constater par les variations du P_H. La pulpe ayant subi le traitement à la chaux est ensuite lavée à fond, et dissoute dans l'eau chaude à raison de 1^g dans 400^{cm^3}. On

prélève des échantillons de 10^{cm^3} qu'on refroidit rapidement. On ajoute des quantités croissantes d'acide, et on les amène au même volume de 11^{cm^3}. On détermine alors le P_H de ces différents échantillons dès le début et après un certain temps.

	HCl $\frac{n}{100}$.	Agar traité par la chaux.		Agar non traité.	
		P_H début.	P_H après 24 heures.	P_H début.	P_H après 24 heures.
1.......	0	7,4	7,6	6,4	6,4
2.......	0,1	7,15	7,6	6,1	6,1
3.......	0,25	7,1	7,55	5,6	5,6
4.......	0,5	7,05	7,45	4,0	4,0
5.......	0,7	6,9	7,45		
6.......	1,0	6,8	7,35		

Par l'addition d'acide le P_H diminue; mais, par suite de la libération de l'alcali, il augmente au bout d'un certain temps pour se rapprocher du point de départ.

Avec l'agar non traité par la chaux, ainsi qu'avec l'agar traité par la chaux et épuisé ensuite par l'acide, on n'observe pas de variations de P_H.

La nature chimique de la combinaison, qui se forme par l'action de la chaux sur l'agar, est encore à l'étude. Cependant, les données déjà acquises nous permettent de conclure que l'agar se comporte comme une lactone se transformant très facilement en présence d'alcali en un sel neutre stable.

Les pulpes végétales, telles que les pulpes de betteraves, navets, pommes, se comportent avec l'alcali d'une manière analogue.

L'agar mis en présence d'une solution de sulfate de cuivre absorbe $1^g,42$ de métal pour 100. L'agar déminéralisé n'absorbe plus de cuivre; si au contraire on le traite par l'alcali on constate qu'après un lavage à fond, il absorbe une quantité de cuivre beaucoup plus forte que l'agar non traité.

L'absorption du métal se fait par déplacement, comme nous l'avons déjà démontré pour les autres pulpes végétales (1).

En résumé, l'acide agit déjà à dose très faible sur l'agar en le déminéralisant. Le sel formé entre en solution. L'agar déminéralisé n'absorbe pas l'acide.

L'absorption de l'alcali par l'agar doit être attribué à la formation d'un sel neutre, peu stable, qui se maintient en équilibre seulement en présence d'un excès d'alcali.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2152.

L'absorption des métaux se fait par déplacement entre l'organate alcalin et un sel métallique.

Les pulpes végétales telles que les pulpes de betteraves, navets, pommes, se comportent de la même façon que l'agar.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Sur l'Électrodynamique des corps en mouvement*, par A. Einstein, traduit par M. Solovine. (Présenté par M. P. Painlevé.)

2° *Quatre conférences sur la théorie de la Relativité faites à l'Université de Princeton*, par Albert Einstein, traduites de l'allemand par Maurice Solovine. (Présenté par M. P. Painlevé.)

3° A. Magnan. *Étude sur le vol à voile dynamique. Recherches expérimentales sur la structure du vent.* (Présenté par M. A. Rateau.)

4° *Théorie nouvelle de la probabilité des causes*, par Stanislas Millot. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

5° Louis Proust. *Visions d'Afrique.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains systèmes de fonctions biorthogonales.* Note de M. **Angelesco**, présentée par M. Appell.

Dans cette Note, nous définirons des classes de polynomes qui généralisent les polynomes de Jacobi, de Kummer et d'Hermite.

1. Étant donnée la suite de fonction

$$Q_n(x) = \frac{d^n x^n (1-x)^n \varphi(x)}{dx^n} \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots), \tag{1}$$

proposons-nous de déterminer une suite de polynomes P_0, $P_1(x)$, $P_2(x)$, ..., le degré du polynome étant égal à son indice, de manière que

$$\int_0^1 Q_n(x)\, P_m(x)\, dx = 0$$

pour $m \neq n$. Nous supposerons la fonction $\varphi(x)$ telle que l'expression

$x(1-x)\varphi(x)$ soit égale à zéro pour $x=1$ et $x=0$; les intégrales

$$\int_0^1 x^n(1-x)^n\varphi(x)\,dx \qquad (n=0, 1, 2, \ldots)$$

étant toutes différentes de zéro. Nous déterminerons le polynome $P_n(x)$ par les n conditions

$$\int_0^1 P_n(x)\,Q_i(x)\,dx=0 \qquad (i=0, 1, 2, \ldots, n-1),$$

ou bien, en tenant compte de la forme (1) des fonctions $Q_i(x)$, par les n relations

$$\int_0^1 P_n^{(i)}x^i(1-x)^i\varphi(x)\,dx=0 \qquad (i=0, 1, 2, \ldots, n-1),$$

où $P_n^{(i)}$ désigne la dérivée d'ordre i de $P_n(x)$. Les coefficients du polynome P_n pourront être ainsi déterminés, à un même facteur constant près, sans indétermination possible. On voit immédiatement que la suite de polynomes P_0, $P_1(x)$, $P_2(x)$, ... ainsi déterminés, forme un système biorthogonal avec la suite de fonctions (1).

2. Considérons de même la suite de fonctions

$$(2) \qquad Q_n(x)=\frac{d^n\,x^n\,\varphi(x)}{dx^n} \qquad (n=0, 1, 2, \ldots)$$

et déterminons le polynome

$$P_n(x)=x^n+a_{n-1}x^{n-1}+\ldots+a_0$$

par les n conditions

$$(3) \qquad \int_0^\infty P_n(x)\,Q_i(x)\,dx=0 \qquad (i=0, 1, \ldots, n-1).$$

La fonction $\varphi(x)$ est supposée telle que les intégrales

$$\int_0^\infty x^p\frac{d^q\,\varphi(x)}{dx^q}\,dx,$$

où p et q sont des entiers positifs ou nuls, aient toutes un sens. Il résulte de là, en particulier, que les expressions $x^p\varphi^{(q)}(x)$ sont égales à zéro pour $x=\infty$. Nous supposerons, de plus, que les intégrales

$$(4) \qquad \lambda_p=\int_0^\infty x^p\,\varphi(x)\,dx$$

sont toutes différentes de zéro. Les conditions (3) peuvent se mettre sous la forme

$$\int^{\infty} P_n^{(i)} x^i \varphi(x)\,dx = 0 \qquad (i = 0, 1, \ldots, n-1);$$

on peut donc les remplacer par la condition unique : que l'on ait, quel que soit α,

$$\int_0^{\infty} P_n(x + \alpha x)\varphi(x)\,dx = \lambda_n \alpha^n.$$

On tire de là, en tenant compte de (4),

$$\lambda_n(1+\alpha)^n + a_{n-1}(1+\alpha)^{n-1}\lambda_{n-1} + \ldots + a_0\lambda_0 = \lambda_n \alpha^n$$

et par suite, pour les valeurs des coefficients du polynome $P_n(x)$,

$$a_{n-i} = (-1)^i \frac{\lambda_n}{\lambda_{n-i}} \frac{n(n-1)\ldots(n-i+1)}{1.2\ldots i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

La suite de polynomes $P_n(x)$ ainsi déterminés et la suite de fonctions (2) forment un système biorthogonal.

3. Pour déterminer la suite de polynomes qui généralisent les polynomes d'Hermite, considérons la suite de fonctions

$$(5) \qquad Q_n(x) = \frac{d^n \varphi(z)}{dx^n} \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots),$$

$\varphi(x)$ étant une fonction telle que les intégrales

$$\int_{-\infty}^{+\infty} x^p \frac{d^q \varphi(x)}{dx^q}\,dx$$

aient toutes un sens et que l'intégrale $\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(x)\,dx$ ne soit pas nulle.

La détermination du polynome $P_n(x)$ par les n conditions

$$\int_{-\infty}^{+\infty} P_n(x) \frac{d^i \varphi(x)}{dx^i}\,dx = 0 \qquad (i = 0, 1, \ldots, n-1)$$

est toujours possible, car ces conditions peuvent être mises sous la forme

$$(6) \qquad \int_{-\infty}^{+\infty} P_n^{(i)} \varphi(x)\,dx = 0 \qquad (i = 0, 1, \ldots, n-1).$$

Les polynomes $P_n(x)$ ainsi déterminés sont biorthogonaux aux fonctions (5).

Remarquons que les conditions (6) expriment que les polynomes $P_n(x)$ sont de la classe de polynomes de M. Appell, car les polynomes P_n et P'_{n+1} satisfaisant aux mêmes conditions (6), ne diffèrent que par un facteur constant. La fonction génératrice $\psi(a)e^{ax}$, au sens de M. Appell, de ces polynomes, se détermine facilement, car on doit avoir

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(x)[\psi(a)e^{ax}]\,dx = \psi(0)\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(x)\,dx,$$

d'où l'on tire la valeur de $\psi(a)$.

4. Les considérations précédentes peuvent être étendues. En partant des fonctions Q_n plus générales

$$Q_n = \frac{d^n x^n (1-x)_n \varphi_n(x)}{dx^n},$$

on pourra déterminer les polynomes $P_n(x)$ correspondants.

On peut aussi passer au cas de plusieurs variables.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un cercle où une fonction holomorphe prend au moins deux fois en tout les valeurs* 0 *et* 1. Note de M. **A. Bloch**, présentée par M. Hadamard.

L'obtention des résultats les plus complets dans la théorie des fonctions méromorphes dans un cercle, où elles prennent un nombre déterminé de fois chacune des valeurs 0, 1, ∞, est compliquée par le fait que ces fonctions ne se ramènent généralement pas les unes aux autres par variation continue, à l'opposé de ce qui a lieu pour les fonctions ne prenant pas les valeurs 0, 1, ∞; elles se divisent en une infinité de classes complètement distinctes entre elles.

Fait exception le cas d'une fonction ne devenant pas égale à 0 ni ∞, devenant une fois égale à 1; le domaine riemannien qui lui correspond est porté par un domaine *extrémal* que l'on peut définir comme il suit : considérons la riemannienne à une infinité de feuillets correspondant à la fonction modulaire; elle est composée d'une infinité d'hémisphères, dont deux consécutifs se raccordent suivant 0-1, 1-∞, ou ∞-0; en séparant l'un de l'autre deux de ces hémisphères raccordés suivant ∞-0, on divise la riemannienne modulaire en deux morceaux, qu'il suffit de relier par l'intermédiaire d'une sphère entière fendue suivant ∞-0 pour obtenir la riemannienne extrémale cherchée.

Le cas d'une fonction holomorphe prenant deux fois la valeur 1 sans prendre la valeur 0, ou celui d'une fonction holomorphe prenant une fois chacune des valeurs 0 et 1, donne déjà lieu à une infinité de configurations essentiellement différentes, chacune d'elles caractérisée sur la sphère trouée en 0, 1, ∞ par un chemin partant de 1 pour y revenir, ou par un chemin partant de 0 pour aboutir en 1. Le domaine riemannien correspondant à la fonction est encore porté pour chaque configuration par un certain domaine extrémal simplement connexe dont la représentation conforme sur un cercle ou, le cas échéant, sur la sphère ponctuée ou la sphère complète, sera nécessaire pour la résolution des problèmes qui peuvent se poser; il n'est d'ailleurs pas quelconque sur ce domaine extrémal, mais doit y jouir de quelques propriétés simples, de même par exemple que dans le cas de l'alinéa précédent il devait couvrir, exactement une fois, le point 1 de la sphère de jonction.

Des considérations analogues s'appliqueraient probablement au cas général. Nous calculerons seulement la valeur exacte $R(a_0, a_1)$ du rayon du plus grand cercle ayant l'origine pour centre dans lequel la fonction $a_0 + a_1 x + \ldots$ puisse être holomorphe et non nulle et ne prendre qu'une fois la valeur 1. Il faut d'abord trouver la fonction réalisant la représentation conforme sur le cercle-unité de la riemannienne extrémale construite plus haut. Soit $z = \lambda(t)$ la fonction modulaire représentant sur la sphère des z le demi-plan supérieur des t, le triangle mixtiligne ∞-1-0 des t correspondant à l'hémisphère des z limité par le grand cercle 1-0-∞; alors en posant $t = \frac{\log \xi}{\pi i}$, la fonction uniforme

$$z = \lambda\left(\frac{\log \xi}{\pi i}\right)$$

fait correspondre la riemannienne obtenue ci-dessus au cercle-unité des ξ.

Maintenant, à l'infinité de manières différentes de placer a_0 sur un feuillet de la riemannienne correspond une infinité de configurations différentes; à chacune correspond un rayon maximum résultant comme on sait de la représentation conforme elle-même, il faut trouver le plus grand de tous ces rayons. Or dans la relation $t = \frac{\log \xi}{\pi i}$, un arc infinitésimal du demi-plan des t, de longueur non euclidienne constante, donne un arc de longueur non euclidienne d'autant plus petite dans le cercle-unité des ξ qu'il est lui-même plus éloigné de l'axe réel des t; d'autre part il est connu que de tous les points homologues du réseau modulaire, le plus éloigné de

l'axe réel est celui qui se trouve dans le quadrilatère ayant un sommet à l'infini. Il résulte de là que c'est en prenant a_0 sur la sphère de jonction qu'on aura le plus grand $\mathrm{R}(a_0, a_1)$ de tous les rayons.

Si $t = \nu(z)$ est la valeur principale de la fonction modulaire inverse, c'est-à-dire celle située dans le quadrilatère infini, on a la formule

$$\mathrm{R}(a_0, a_2) = \frac{1}{|a_1|} \frac{2 \operatorname{sh} \pi \mathfrak{J} \nu(a_0)}{\pi |\nu'(a_0)|}.$$

Pour trouver maintenant la valeur exacte du rayon du cercle où la fonction $a_0 + a_1 x + \ldots$, supposée holomorphe, prend au moins deux fois en tout les valeurs 0 et 1, on a à choisir entre $\mathrm{R}(a_0, a_1)$ et $\mathrm{R}(1 - a_0, a_1)$. Il s'agit, un point étant donné à l'intérieur d'un triangle à côtés circulaires tangents entre eux, de voir quel est le sommet qu'il faut envoyer à l'infini par une inversion pour que, après cette transformation, le point soit le plus éloigné (proportionnellement) de la droite joignant les deux sommets demeurés à distance finie. On obtient le résultat suivant :

La limite exacte du rayon du cercle où la fonction $a_0 + a_1 x + \ldots$, *supposée holomorphe, prend au moins deux fois en tout les valeurs* 0 *et* 1 *est* $\mathrm{R}(a_0, a_1)$ *ou* $\mathrm{R}(1 - a_0, a_1)$, *suivant que la partie réelle de* a_0 *est supérieure ou inférieure à* $\frac{1}{2}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe des fonctions d'intervalle.* Note [1] de M. S. Saks, présentée par M. Émile Borel.

1. $f(\delta)$ étant une fonction d'intervalle $\delta < \mathrm{R}$ et x étant un point quelconque de R, $\overline{f}(x)$ [respectivement $\underline{f}(x)$] désigne le nombre dérivé supérieur (respectivement inférieur) de $f(\delta)$ au point x, c'est-à-dire la limite supérieure (respectivement inférieure) de $f(\delta) : \delta$, δ contenant x et tendant vers zéro.

On appelle, d'après M. Burkill [2], l'intégrale supérieure $\overline{\int_{\mathrm{R}}} f(\delta)$, respectivement inférieure $\underline{\int_{\mathrm{R}}} f(\delta)$, de $f(\delta)$ dans R, la limite supérieure (respecti-

---

[1] Séance du 8 décembre 1924.

[2] Burkill, *The derivates of functions* (*Fund. Math.*, t. 5, 1924, p. 321-327).

vement inférieure) des sommes $\sum_{k=1}^{n} f(\delta_k)$, (δ_k) désignant une décomposition de R en un nombre fini d'intervalles n'empiétant pas et aux longueurs tendant uniformément vers zéro.

2. *Théorèmes.* — I. Une fonction continue $f(\delta)$ d'intervalle admettant dans R l'intégrale inférieure, respectivement supérieure, finie, on a presque partout dans R

(1) $$\overline{f}(x) \geqq \overline{\varphi}(x) \geqq \underline{f}(x) \geqq \underline{\varphi}(x),$$

respectivement

(2) $$\underline{f}(x) \leqq \underline{\varphi}(x) \leqq \overline{f}(x) \leqq \overline{\varphi}(x),$$

où, pour $I \subset R$, on a posé

$$\varphi(I) = \underline{\int_I} f(\delta), \qquad \Phi(I) = \overline{\int_I} f(\delta).$$

II. Lorsque les deux intégrales, supérieure et inférieure, sont finies simultanément, les relations (1) et (2) sont évidemment valables toutes deux; mais, de plus, l'hypothèse de la continuité de $f(\delta)$ est superflue.

Et voici quelques applications de ces théorèmes :

3. Soient $h(x)$ une fonction quelconque bornée dans (0, 1) et α un nombre positif. Posons, pour l'intervalle quelconque $\delta = (x_1, x_2)$ $(0 \leqq x_1 < x_2 \leqq 1)$,

(3) $$f(\delta) = |h(x_2) - h(x_1)|^{\alpha}(x_2 - x_1)^{1-\alpha}.$$

J'appelle $h(x)$ *à variation bornée d'ordre* $\alpha (> 0)$, lorsque $\overline{\int_{(0,1)}} f(\delta)$ est finie. Posons pour tout $x (0 \leqq x \leqq 1)$:

$$U_\alpha(x) = \overline{\int_{(0,x)}} f(\delta), \qquad v_\alpha(x) = \underline{\int_{(0,x)}} f(\delta).$$

La fonction $h(x)$ s'appellera *absolument continue d'ordre* α, lorsqu'elle est à variation bornée de cet ordre et lorsque $U_\alpha(x)$ est absolument continue au sens habituel.

On prouve les théorèmes suivants :

A. $h(x)$ *étant à variation bornée d'ordre* $\alpha > 0$, *elle est absolument continue de tout ordre* $\beta < \alpha$ $(\beta > 0)$.

On s'appuie pour le montrer sur l'inégalité connue de H. Hölder.

B. $h(x)$ *étant à variation bornée d'ordre* $\alpha > 0$, *elle admet presque partout*

la dérivée unique et finie sommable de puissance α (pour $\alpha = 1$ on obtient le théorème bien connu de M. Lebesgue).

On le prouve à l'aide de l'inégalité (2) et du théorème de M. Denjoy et de Mme Young sur les nombres dérivés [1].

C. *$h(x)$ étant absolument continue d'ordre $\alpha > 0$, on a*

$$V_\alpha(x) = v_\alpha(x) = \int_0^x [h'(t)]^\alpha \, dt.$$

Car, d'après (1) et (2), on a presque partout

$$V'_\alpha(x) = v'_\alpha(x) = [h'(x)]^\alpha.$$

A, B, C conduisent, en particulier pour $\alpha > 1$, au résultat connu de M. Hahn [2] sur l'intégrale de M. Hellinger. En effet, on a

$$W_\alpha(x) = \int_0^x \frac{dh^\alpha}{dx^{\alpha-1}}.$$

On obtient donc de (A) et (B) [3] la condition suivante de M. Hahn : pour que l'intégrale

$$\int_0^1 \frac{dh^\alpha}{dx^{\alpha-1}} \qquad (\alpha > 1)$$

existe il faut que $h(x)$ soit absolument continue et à dérivée sommable de puissance α. La transformation de l'intégrale de M. Hellinger effectuée par M. Hahn découle de (C), car, pour $\alpha > 1$, toute fonction à variation bornée d'ordre α est, à la fois, absolument continue de cet ordre.

4. Soient $g(x)$ une fonction quelconque et $h(x)$ une fonction bornée. Soit $f(\delta)$ la fonction d'intervalle définie de la manière suivante : Lorsque

$$\delta = (x_1, x_2) \quad (0 \leqq x_1 < x_2 \leqq 1), \qquad f(\delta) = l(\delta)[g(x_2) - g(x_1)],$$

où $l(\delta)$ désigne la borne supérieure de $h(y)$ dans δ lorsque

$$g(x_2) - g(x_1) < 0,$$

et la borne inférieure dans le cas inverse. L'intégrale inférieure, au sens de

(1) Denjoy, *Journ. de Math.*, 7e série, t. 1, 1915, p. 105. — C.-G. Young, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 428.

(2) Hahn, *Monatshefte f. Math. und Phys.*, t. 23, 1912, p. 161-183.

(3) En y posant $\alpha > 1$ et $\beta = 1$.

M. Burkill $\underline{\int}_{(0,1)} f(\delta)$, est l'intégrale de Stieltjes $\underline{\int} h\,dg$. On détermine de façon analogue l'intégrale supérieure de Stieltjes.

En s'appuyant sur le théorème II (§ 2) on peut donner à la propriété connue des intégrales de Darboux [1] la généralisation suivante :

$h(x)$ étant une fonction bornée dans $(0, 1)$ et $g(x)$ une fonction presque partout dérivable, l'égalité suivante a lieu presque partout, pourvu que les intégrales de Stieltjes $\overline{\int} f\,dg$, $\underline{\int} f\,dg$ soient finies :

$$\varphi'(x) = l_1(x)\,g'(x), \qquad \Phi'(x) = l_2(x)\,g'(x),$$

où

$$\varphi(x) = \underline{\int_0^x} h\,dg, \qquad \Phi(x) = \overline{\int_0^x} h\,dg,$$

$l_1(x) = [\text{resp. } l_2(x)]$ désigne la borne supérieure (respectivement inférieur) de $h(x)$ au point x lorsque $g'(x) < 0$, et la borne supérieure (respectivement inférieure) lorsque $g'(x) \geqq 0$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la détermination expérimentale du paramètre de précision.* Note [2] de M. J. HAAG, présentée par M. Émile Borel.

1. On sait qu'on peut déduire le paramètre de précision d'une série de n mesures, en utilisant l'écart moyen, ou l'écart moyen quadratique, ou plus généralement l'écart d'ordre p. Dans le deuxième cas, on peut très simplement tenir compte du fait que les écarts observés ne sont pas les écarts réels, puisqu'il suffit de diviser la somme de leurs carrés par $n-1$ au lieu de n [3]. Il n'existe, à notre connaissance, aucune règle analogue pour les autres cas. Nous nous proposons, dans ce qui va suivre, de combler cette lacune.

2. Envisageons tout de suite le cas général de l'écart d'ordre p. Appelons x_i les erreurs réelles et x'_i les erreurs apparentes. On a

$$x'_i = x_i - \frac{\Sigma x_k}{n}.$$

(1) Cf. par exemple DE LA VALLÉE POUSSIN, *Intégrales de Lebesgue*, 1916. p. 54-65.

(2) Séance du 29 décembre 1924.

(3) Voir, par exemple, J. BERTRAND, *Calcul des probabilités*, p. 203.

L'écart apparent e est $|x'_i|$. Cherchons la valeur probable V_p de e_1^p, en supposant l'unité d'écart égale à 1. On a

$$V_p = \frac{1}{(\sqrt{\pi})^n}\int \left| x_1 - \frac{\Sigma x_k}{n} \right|^p e^{-\Sigma x_i^2}\, dx_1\, dx_2 \ldots dx_n.$$

Faisons une substitution orthogonale sur les x_i, en définissant la première des nouvelles variables y_i par la formule

$$y_1 = \frac{n x_1 - \Sigma x_k}{\sqrt{n(n-1)}}.$$

Il vient

$$V_p = \left(\frac{n-1}{n}\right)^{\frac{p}{2}} \frac{1}{(\sqrt{\pi})^n}\int |y_1|_p\, e^{-\Sigma y_i^2}\, dy_1\, dy_2 \ldots dy_n,$$

$$V_p = \left(\frac{n-1}{n}\right)^{\frac{p}{2}} \frac{1}{\sqrt{\pi}}\, \Gamma\left(\frac{p+1}{2}\right).$$

Dès lors, si u désigne l'écart unitaire inconnu, on doit le calculer par la formule

$$\frac{\Sigma e_i^p}{n} = V_p u^p. \tag{1}$$

Pour $p = 2$, $V_2 = \frac{n-1}{2n}$; on retrouve la formule connue.

Pour $p = 1$, $V_1 = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{n-1}{n}}$, on a

$$\frac{u}{\sqrt{\pi}} = \frac{\Sigma e_i}{\sqrt{n(n-1)}}.$$

La correction consiste donc à diviser par $\sqrt{n(n-1)}$, au lieu de n.

3. Revenons au cas général et cherchons l'erreur à craindre quand on emploie la formule (1). A cet effet, nous allons calculer la valeur probable W_p de

$$\left[\frac{\Sigma e_i^p}{n} - V_p u^p\right]^2 = \frac{\Sigma e_i^{2p} + 2\,\Sigma(e_i e_k)^p}{n^2} - 2 V_p u^p \frac{\Sigma e_i^p}{n} + V_p^2 u^{2p}.$$

On a, d'après (1),

$$W_p = u^{2p}\left(\frac{V_{2p}}{n} - V_p^2\right) + \frac{n-1}{n}\,\overline{(e_1 e_2)^p}.$$

Or, si $u = 1$, on a

$$\overline{(e_1 e_2)^p} = \frac{1}{(\sqrt{\pi})^n}\int \left|\left(x_1 - \frac{\Sigma x_k}{n}\right)\left(x_2 - \frac{\Sigma x_k}{n}\right)\right|^p e^{-\Sigma x_i^2}\, dx_1\, dx_2 \ldots dx_n.$$

Faisons encore une substitution orthogonale, en définissant les deux premières variables par les formules

$$y_1 = \frac{(nx_1 - \Sigma x_k) + (nx_2 - \Sigma x_k)}{\sqrt{2n(n-2)}}, \qquad y_2 = \frac{(nx_1 - \Sigma x_k) - (nx_2 - \Sigma x_k)}{\sqrt{2n(n-2)}}.$$

Notre intégrale devient

$$\frac{1}{\pi(2n)^p}\int\int |(n-2)y_1^2 - ny_2^2|^p e^{-(y_1^2+y_2^2)} dy_1\, dy_2 = \frac{2A.p!}{\pi(2n)^p},$$

en posant

$$A = \int_0^{\frac{\pi}{2}} |(n-2)\cos^2\varphi - n\sin^2\varphi|^p d\varphi,$$

intégrale facile à calculer pour toutes les valeurs entières et positives de p.

Finalement, l'erreur relative à craindre sur u est $\frac{1}{p}\lambda^{\frac{1}{p}}$, en posant

$$\lambda = \frac{1.3\ldots(2p-1)\pi}{2^p . n\Gamma^2\left(\frac{p+1}{2}\right)} - 1 + \frac{Ap!}{n(2n-2)^{p-1}\Gamma^2\left(\frac{p+1}{2}\right)}.$$

Pour $p = 2$, on trouve $\frac{1}{\sqrt{2(n-1)}}$ et, pour $p = 1$,

$$\sqrt{\frac{\pi}{n} - 1 + \sqrt{\frac{n-2}{n}} - \frac{2}{n}\operatorname{arc\,tang}\sqrt{\frac{n-2}{n}}}.$$

Si n est très grand, elle est asymptotique à $\sqrt{\frac{\pi-2}{2n}}$, ce qui est sa valeur quand on opère sur les écarts réels ([1]).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'équivalence piézométrique du débit des transports.* Note ([2]) de M. **A. Talon**, présentée par M. L. Lecornu.

Les données piézométriques de l'écoulement turbulent des fluides visqueux dans les conduites, à des vitesses pouvant varier de 5 à 5000^{cm} par seconde, permettent d'établir une comparaison intéressante entre les formules qui les interprètent et les formules empiriques de la résistance au mouvement des trains sur les voies ferrées.

([1]) Cf. J. Bertrand, *op. cit.*, p. 192.

([2]) Séance du 29 décembre 1924.

D'une part, de nombreuses expériences relativement récentes, notamment celles de Stanton et Pannell, en Angleterre, ont permis d'établir que la résistance unitaire R_p à l'écoulement turbulent dans un tuyau lisse, de diamètre D, d'un fluide de viscosité cinématique ν et de densité ρ, doit être représentée par une formule à deux puissances de la vitesse moyenne U, telle que $\frac{R_p}{\rho U^2} = \alpha + \frac{B}{\left(\frac{UD}{\nu}\right)^{0,35}}$, α et β étant des coefficients sensiblement constants dans les limites, rappelées ci-dessus, des vitesses réalisées.

D'autre part, l'examen comparatif des formules empiriques, très nombreuses, de la résistance des trains à la traction fait ressortir qu'à l'exception de celles à forme linéaire, qui se rapportent à des données limitées de vitesse, leur forme générale varie du type aux puissances première et seconde de la vitesse $(K + \lambda u + \mu u^2)$ au type quadratique $(K + \mu u^2)$ ou développé $(K + \lambda u^2 + \mu u^2)$ avec quelques formes telles que $K + \lambda u + \mu u^{(1,81)}$ et $K + \mu u^{\frac{3}{5}}$, les coefficients K, λ et μ ayant, par ailleurs, des valeurs très diverses et assez peu comparables entre elles.

L'allure générale des courbes représentatives de ces formules est semblable à celles des courbes résumant les expériences piézométriques précitées dont la formule tend vers la loi du carré lorsque la vitesse ou le diamètre vont en croissant ou que la viscosité cinématique diminue.

Enfin diverses observations expérimentales, faites à l'occasion de divers essais de résistance à la traction des convois de transport, ont mis en évidence l'entraînement, par ces convois, d'une gaine d'air dont le déplacement développe des tourbillons et frottements aérodynamiques de l'ordre de ceux engendrés par le mouvement turbulent des fluides doués de viscosité.

Il était donc indiqué d'envisager l'identification de la formule piézométrique générale rappelée ci-dessus et des diverses formules expérimentales de la résistance des trains à la traction, pour des valeurs convenables des coefficients α et β ainsi que du coefficient de roulement K, indépendant de la vitesse et qui, évalué en kilogrammes par tonne brute remorquée, équivaut, piézométriquement, à une perte de charge égale, exprimée en millimètres par mètre.

Cette étude, qui a porté sur les divers types de formules empiriques spécifiés ci-dessus, a permis d'établir, non seulement que leur standardisation sous la forme prévue est toujours possible, mais encore que l'expression générale envisagée est apte à représenter, avec toute l'approximation

désirable, les résultats d'une série quelconque d'expériences correspondant à un modèle matériel déterminé.

Il en résulte qu'à tout type de convoi caractérisé par son tonnage total, sa longueur et sa composition (notamment au point de vue de la surface idéale afférente aux résistances aérodynamiques) correspond, par l'équivalence de la perte de charge et de l'effort de traction, un liquide, de densité et de viscosité cinématique déterminées, animé à égalité de débit massique, d'une même vitesse d'écoulement dans une conduite dont le diamètre est fixé d'après le tracé en plan des artères de transport intéressées.

Plus généralement, des relations simples d'équivalence permettent d'appliquer à certaines études de construction ou d'exploitation de ces artères les formules et procédés de l'hydraulique appliquée. Cette transposition met, notamment, en évidence, sous la forme pratique de « tonne piézométrique », la perte de charge unitaire qui constitue l'élément matériel essentiel du prix de revient de l'unité massique de transport, traduisant exactement les conditions d'exploitation des lignes et des réseaux de lignes assimilables à des réseaux, maillés ou branchés, d'alimentation.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Nouvelles classes de solutions séculaires du problème des n corps*. Note (¹) de M. **W. W. Heinrich**, présentée par M. H. Andoyer.

J'ai trouvé dans un Mémoire précédent (²) certaines classes de solutions séculaires du problème des trois corps. Pour démontrer leur existence, j'ai suivi une méthode qui permet de construire les développements correspondants sans se servir de l'opération à la Delaunay, que j'avais employée auparavant (³).

Pour étudier les trajectoires séculaires analogues et valables dans le problème des n corps, on pourra se servir, comme il avait été annoncé, de la même méthode. Dans un nouveau Mémoire, qui paraîtra ailleurs sous une forme détaillée, je donne les généralisations nécessaires pour

(¹) Séance du 15 décembre 1924.

(²) *Nouvelles classes des solutions séculaires du problème général des trois corps* (*Publications de la Faculté des sciences de l'Université Charles*, n° 15, 1923; *Institut astronomique*, 2e série, n° 1. Prague, 1923).

(³) *Bull. astr.*, t. 2, 2e série, fasc. 7, 1922, p. 425.

ce but ([1]). Comme résultat essentiel de ces recherches préliminaires, j'indique les conditions générales pour les rotations et librations des périhélies. Je construis les séries périodiques, absolument et uniformément convergentes pour une durée infinie, exprimant analytiquement les coordonnées du problème comme fonctions du temps.

En étudiant les développements mentionnés j'ai réussi à découvrir certaines classes de solutions séculaires du problème des n corps qui pourront être désignées *de la seconde sorte*. La terminologie introduite par là est en parfaite analogie avec celle employée par H. Poincaré dans ses « Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste », bien entendu dans le cas des solutions à période courte.

Ainsi la première sorte comprendra les solutions séculaires, dont l'excentricité disparaît avec le paramètre troublant μ.

La seconde sorte comprendra les solutions séculaires, dont l'excentricité restera différente de zéro, si l'on fait disparaître ledit paramètre.

J'ajoute que, pratiquement, les solutions de la première sorte se confondent probablement *en partie* avec les solutions étudiées F.-L. Griffin([2]).

Au point de vue géométrique on pourra s'exprimer ainsi :

Dans le cas des solutions séculaires de la première sorte, on étudie le voisinage des orbites képlériennes circulaires ; dans le cas des solutions séculaires de la seconde sorte, on examine les prolongements analytiques des ellipses képlériennes. Comme résultat essentiel je vais fixer surtout un cas remarquable (VII) manifestement le plus général de ceux que j'ai étudiés.

On peut envisager parmi les $n-1$ planètes quelques-unes dont les périhélies font divers nombres de révolutions complètes pendant une période séculaire. D'autres groupes de périhélies tournent avec une vitesse commune pour achever un certain nombre de tours, d'ailleurs différent de ceux du groupe précédent. Et enfin, il existe un dernier groupe de planètes, dont les périhélies restent fixes, exécutant seulement des oscillations autour de certaines directions pendant la période totale du système. Cette période ne sera aucunement liée aux périodes des mouvements dégénérés ($\mu = 0$). On pourrait appeler ce cas le cas de Laplace généralisé.

([1]) *Sur une méthode pour étudier les trajectoires séculaires du problème des n corps* (*Publ. de la Faculté des sciences de l'Université Charles*, n° 15. Prague, 1925) (*sous presse*).

([2]) *Certain periodic orbits of k finite bodies revolving about a relatively large central mass.* (*Trans. of the American Math. Soc.*, vol. 9, n° 1, 1908, p. 1).

Les solutions qui font l'objet du présent Mémoire se rapportent au problème plan. En prenant en considération le problème complet des n corps, à trois dimensions, on trouverait les solutions séculaires analogues à celles des troisième et quatrième sortes à période courte, étudiées déjà respectivement par H. Poincaré [1] et Hugo de Zeipel.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations de masses mobiles de vapeur absorbante à de grandes hauteurs au-dessus de la surface solaire. Rapprochement avec les protubérances élevées, à évolution rapide.* Note de M. **L. d'Azambuja**, présentée par M. H. Deslandres.

Le spectroenregistreur des vitesses radiales qui donne photographiquement, en quelques minutes et sur un très grand nombre de points du disque solaire, l'aspect d'une raie émise ou absorbée par une vapeur chromosphérique et les vitesses radiales de celle-ci, a révélé que certains *filaments* sont parfois le siège de mouvements violents après lesquels, le plus souvent, ils disparaissent ou demeurent très affaiblis.

Une observation très remarquable de ce phénomène a été faite à Meudon, le 11 avril 1910, par Deslandres et ses collaborateurs [2] qui, avec un spectroenregistreur pointé sur la raie K du calcium, remarquèrent l'aspect inaccoutumé de la composante centrale sombre K_3 de cette raie, sur une région du disque où le spectrohéliogramme montrait seulement les traces d'un filament. La raie K_3, qui conservait sa position et son intensité habituelles, était doublée, à distance variable et surtout du côté violet, par une seconde raie sombre se projetant sur K_1. Tout se passait, disent les auteurs, comme si, la couche K_3 restant à peu près dans son état ordinaire, une grande masse de gaz au-dessus s'élevait irrégulièrement à de grandes vitesses. Le spectrohéliographe, ne pouvant contenir, dans sa seconde fente fine, la raie relative à cette masse de gaz, trop déplacée par l'effet Döppler, laissait échapper la plus grande partie de la perturbation. Celle-ci, suivie au spectroenregistreur, dura quelques heures, puis toute trace du filament disparut.

Il semble que ce genre de phénomène soit relativement fréquent. Au

---

(1) *Méthodes nouvelles de la mécanique céleste*, t. 1, Paris, 1872, p. 144 et suiv.

(2) Deslandres, d'Azambuja et Burson, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1635. — Saint-John a également signalé ces phénomènes (*Astrophysical Journal*, t. 34, 1911, p. 131).

cours d'une étude systématique de l'évolution des filaments que je poursuis sur les images du calcium obtenues à Meudon, j'ai pu noter, dans le court intervalle, avril 1919-janvier 1921, six cas analogues.

Quatre d'entre eux ne se distinguent pas nettement de celui du 11 avril 1910. Les deux autres ont montré, en plus du mouvement ascensionnel de la vapeur, des déplacements horizontaux, rapides et étendus. Dans l'un d'eux au moins, le sens et la grandeur des mouvements ont été suffisamment bien définis et constants pour qu'il soit possible d'évaluer la hauteur atteinte par la vapeur. Ils méritent donc de retenir spécialement l'attention et leurs différentes phases sont résumées ci-dessous :

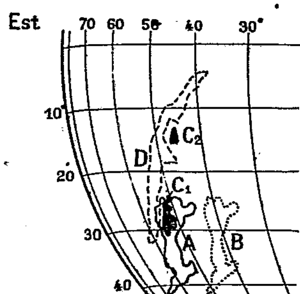


Fig. 1.

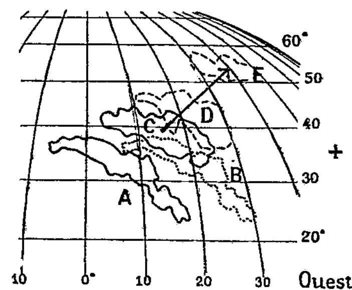


Fig. 2.

1° Le spectrohéliogramme (K_3) du 25 mai 1920, à 9^h48^m (T. M. G.), montrait en A (*fig.* 1) un filament bien marqué et stable jusqu'alors, dont la hauteur, très notable, pouvait atteindre 60000^{km} au-dessus de la chromosphère, d'après les observations faites à son passage récent au bord Est. Les vitesses radiales, sur l'épreuve obtenue à 10^h30^m, étaient faibles ou nulles. Le 26 mai, à 8^h15^m, le filament, qui aurait dû se trouver en B s'il avait suivi les lois habituelles de la rotation et de la perspective, semblait avoir presque complètement disparu sur l'image K_3. Seules, quelques traces en C_1, C_2 (régions hâchurées), étaient visibles. Mais l'épreuve du spectroenregistreur, obtenue à 8^h26^m, permettait de le retrouver en D, très déformé et animé, dans son ensemble, d'une vitesse radiale de 30 km/sec environ, vers l'observateur. A 9^h20^m, une nouvelle épreuve ne décelait plus aucune trace du phénomène.

En projection, le chemin parcouru par le filament pendant la perturbation avait été considérable (200000^{km} environ). La vitesse radiale observée montre que, dans le même temps, il s'écartait rapidement de la chromosphère. Mais les éléments sont insuffisants pour évaluer la hauteur atteinte.

2° Le 8 juin 1920, un filament très marqué occupait la position A (*fig.* 2). Très fin et peu élevé à son passage au bord Est, il avait commencé à s'élargir le 6, mais aucune vitesse radiale sensible n'avait été constatée. Le 9 juin, à 8^h6^m, il aurait dû se trouver en B. L'image K_3 le montrait en C, plus élargi et privé de sa partie Sud-Ouest. Peu après, il cessait d'être visible pour le spectrohéliographe. Les épreuves du spectroenregistreur

le montraient successivement en D (à 9^h), puis en E (à 9^h40^m). L'épreuve suivante (à 10^h37^m) n'en offrait plus aucune trace.

En D et en E, la vitesse radiale de l'ensemble était de 25 km/sec environ, vers l'observateur. Si l'on admet, ce qui est plausible, qu'elle a gardé sensiblement cette valeur entre 8^h6^m et 9^h40^m, et que l'on compose le déplacement qui s'en déduit avec le mouvement horizontal observé, indiqué par la flèche sur la figure 2, on en conclut que le filament a dû atteindre, à partir de la position C, déjà fort élevée probablement, une hauteur de $225\,000^{km}$, soit $\frac{1}{6}$ du diamètre solaire.

Ce résultat suggère un rapprochement intéressant avec les protubérances éphémères qui, après une croissance très rapide, atteignent des hauteurs analogues, ou même plus grandes, et s'évanouissent. Saint-John semble admettre que les deux phénomènes sont identiques (¹). Cette opinion est confirmée par une observation visuelle faite, le 28 mai 1916, par Buss (²), avec la raie H_α de l'hydrogène. L'attention de l'astronome anglais avait été attirée par la présence d'un filament remarquable, voisin du bord Est. Soudain il vit, décelés par les déplacements de la raie, des mouvements radiaux intenses se manifester sur le filament. La région où ils se produisaient se déplaçait en même temps avec une grande vitesse, comme si toute la masse de gaz s'écartait obliquement de la chromosphère. La masse en mouvement atteignit le bord, le dépassa et, de sombre qu'elle était, apparut brillante par contraste, revêtant l'aspect d'une énorme protubérance qui, elle-même, évolua et disparut rapidement.

L'estimation de la hauteur atteinte par les vapeurs absorbantes apporte une indication nouvelle de la parenté étroite qui existe entre ces vapeurs et les protubérances élevées, à évolution rapide.

OPTIQUE. — *Indice de réfraction de l'air, dans le spectre visible, entre* 0° *et* 100°. Note de M. **Albert Pérard**, présentée par M. A. Cotton.

De même que dans les expériences de René Benoît en 1888, la valeur de l'indice de réfraction de l'air que j'apporte aujourd'hui a été un résultat annexe d'une étude que j'ai entreprise au dilatomètre Fizeau. Il s'agissait de déterminer à nouveau la *constante* de cet appareil, la dilatation du trépied. Il a suffi pour recueillir les données nécessaires aux mesures d'indice de joindre à chaque observation interférentielle exécutée dans le

(¹) Saint-John, Mémoire cité.

(²) Buss, *A remarkable solar phenomenon* (*The Observatory*, t. 39, 1916, p. 351).

vide une ou plusieurs observations exécutées dans l'air en faisant changer la pression.

L'appareil est celui qui avait été monté par Benoît; j'y ai seulement apporté les perfectionnements enseignés par l'expérience et par les progrès de l'interférométrie depuis cette époque. La différence de marche à laquelle se produisaient les interférences lumineuses atteignait 34^{mm}. L'intervalle de température s'étendait de 0° à 100°. Les radiations utilisées étaient au nombre de cinq : trois raies du mercure, l'indigo $0^{\mu},43583250$, le vert $0^{\mu},54607430$, l'ensemble des deux jaunes $0^{\mu},57695996$ et $0^{\mu},57906638$ observées au voisinage immédiat d'une concordance, et deux raies du cadmium, le vert $0^{\mu},50858220$ et le rouge $0^{\mu},64384696$. Dans une étude préliminaire comprenant 25 groupes d'expériences, chaque groupe était formé de trois expériences, l'une à pression ambiante, une autre à pression voisine de 600^{mm}, la troisième sous le vide; les trois couleurs du mercure étaient seules employées. Dans l'étude définitive comprenant 50 groupes, chaque groupe était formé de deux expériences, l'une sous le vide, l'autre à pression ambiante; les cinq couleurs intervenaient. La hauteur émergente des vis du trépied se trouvait mesurée, avec une très haute précision, en valeur absolue à 15° par les ordres d'interférences des cinq radiations dans l'air, et différentiellement à toutes températures par les observations dans le vide. Pour tenir compte de la compressibilité appréciable du trépied sous pression ambiante ou réduite, j'ai pris le module d'Young $21,4.10^{6}\,g/mm^{-2}$, résultant des expériences de Tresca et Broch, et j'ai admis 0,3 comme coefficient de Poisson.

Indice en fonction de la pression. — L'indice étant supposé représenté par la formule à deux termes en h

$$N_h - 1 = Kh(1 + \beta h),$$

chaque groupe d'expériences de l'étude préliminaire donnait un système d'équations déterminant K et β. Les 25 valeurs β fournies par les différents systèmes sont toutes extrêmement petites, avec des écarts relativement élevés. Cependant si l'on considère l'ensemble de toutes les valeurs obtenues, et que l'on étudie les moyennes d'un certain nombre d'entre elles réunies par températures voisines, on constate que toutes ces moyennes sont positives, d'un même ordre de grandeur peu différent dans les trois couleurs, sans variation systématique avec la température. Il semble donc que la moyenne générale $2,4.10^{-5}$ (h exprimé en millimètres de mercure), qui ressort de tout l'ensemble pour β, puisse être prise en considération. Ce résultat, compte

tenu de l'imprécision relative, qu'atteste la grandeur de son erreur probable $0,6.10^{-6}$, permet au moins d'affirmer que, si, pour la pratique des déterminations métrologiques dans l'air ambiant, les calculs de réduction admettent l'exacte proportionnalité de la réfraction à la pression, l'erreur qui peut résulter de cette approximation est tout à fait négligeable.

Indice en fonction de la température et de la longueur d'onde. — La relation

$$\frac{N_0 - 1}{1 + \alpha\theta} = N_0 - 1$$

étant admise provisoirement, les 50 groupes d'expériences de l'étude définitive donnaient, dans chacune des cinq couleurs, 50 équations à deux inconnues, d'où l'on a tiré les valeurs les plus probables $(N_0 - 1)$ et α; et l'allure des erreurs résiduelles a confirmé que cette relation s'adaptait bien aux résultats d'expérience. Les cinq valeurs de α, d'ailleurs peu différentes les unes des autres, ne paraissant manifester aucune dépendance systématique de la longueur d'onde dans cet intervalle, j'ai adopté uniformément la valeur moyenne $\alpha = 0,003716$ et recalculé pour chaque radiation la valeur la plus probable N_0. Ce sont ces nouvelles valeurs, qui, compensées entre elles par une relation ayant la forme de celle de Cauchy, ont conduit finalement à la formule générale

$$(N-1)10^6 = \left(288,02 + \frac{1,482}{\lambda^2} + \frac{0,0309}{\lambda^4}\right) \frac{h(1+\beta h)}{760(1+760\beta)} \frac{1}{1+0,003716\theta}$$

(λ longueur d'onde en microns, h pression en millimètres de mercure, θ température en degrés centigrades), où l'on peut, sans erreur appréciable, faire $\beta = 0$.

On doit estimer que cette formule donne, à quelques cent-millionièmes près, pour toute longueur d'onde comprise entre $0^\mu,40$ et $0^\mu,65$, aux pressions ne dépassant pas sensiblement la pression atmosphérique et dans l'intervalle de température 0°-100°, l'indice de l'air sec et privé de gaz carbonique, la proportion d'oxygène en volume étant de 0,2094 à 0,2104, d'après les travaux exécutés par M. Leduc aux alentours du Pavillon de Breteuil.

OPTIQUE. — *Sur la diffusion de la lumière dans les fluides.* Note [1] de M. Y. **Rocard**, présentée par M. Cotton.

Un travail récent de M. H. Martin [2] sur la diffusion de la lumière dans les liquides m'incite à publier quelques résultats que j'ai obtenus de mon côté. Si un faisceau parallèle de lumière naturelle se propageant suivant Ox traverse un liquide et si nous observons en un point éloigné sur Oy, nous appellerons *dépolarisation* et désignerons simplement par ρ le rapport de l'intensité de la lumière vibrant suivant Ox à celle vibrant suivant Oz. Toute la difficulté du problème réside dans la préparation de liquides optiquement purs, sans poussières ni colloïdes en suspension. Pour l'eau en particulier, cette purification optique est délicate : je suis parvenu à des résultats satisfaisants par ultrafiltration (méthode décrite dans un travail ayant fait l'objet d'un diplôme d'études). Je donne simplement ici mes résultats : une certaine pratique de l'ultrafiltration, et des essais d'autres parois filtrantes que les membranes de collodion m'amènent à penser que le diamètre des pores du filtre employé est assez secondaire ; ce qu'il faut assurer à tout prix, c'est la lenteur de la filtration, le filtre fonctionnant vraisemblablement par adsorption des colloïdes. Avec des vitesses de filtration trop grandes, j'ai observé des résultats incorrects, ρ variant pour l'eau de 0,06 à 0,11. La valeur correcte est $\rho = 0,11$ en lumière verte, et comme je l'ai observé maintes fois, ρ varie peu avec la longueur d'onde.

D'accord avec Ramanathan, j'ai constaté que cette diffusion était compliquée d'une légère fluorescence, due vraisemblablement au verre du ballon qui se dissout peu à peu dans l'eau, car une eau fraîchement distillée n'en présentait qu'à peine, et l'eau de mer examinée aussitôt après la prise dans l'océan n'en présentait pratiquement pas, tandis que trois jours après elle en montrait une proportion appréciable ; de plus, tous les liquides que j'ai étudiés au laboratoire en présentaient dans des proportions analogues. D'autre part, il est certain qu'il s'agit bien de fluorescence, la lumière bleue qu'on aperçoit après avoir coupé le faisceau incident par un verre de Wood étant non polarisée. D'après la théorie de M. J. Perrin, il m'avait paru séduisant d'attribuer cette fluorescence à des molécules polymères $(H^2O)^n$, mais je crois qu'il faut renoncer à cette interprétation, car si l'on acidifie légèrement l'eau la fluorescence ne change pas de façon appréciable, et si l'on chauffe à 50° on voit la fluorescence augmenter, de même que la dissolution du verre, alors qu'on s'attendrait aux effets

---

(1) Séance du 29 décembre 1924.

(2) *Journal of physical Chemistry*, vol. 28, 1924, p. 1284-1290.

contraires. Grâce à cette fluorescence, ρ peut croître jusqu'à 0,16 et 0,18 dans le bleu et dans le violet; la fluorescence étant éliminée, la valeur correcte de ρ est 0,11 en lumière verte; Martin a adopté au contraire $\rho = 0,06$ et $\rho = 0,086$ successivement, opérant sa purification optique par distillation lente.

J'ai étudié ensuite la nitrobenzine et le benzonitrile qui présentent un intérêt théorique évident, vu la forte anisotropie de leur molécule. Étant donnée la nature huileuse de ces liquides, une filtration sur cône en alundum à grain très fin s'est trouvée assez lente pour conduire à la pureté optique. J'ai trouvé alors pour le benzonitrile, qui n'est transparent qu'en lumière rouge, $\rho = 0,65$ et pour la nitrobenzine les valeurs suivantes de ρ : 0,68 — 0,67 — 0,68 — 0,74, se rapportant respectivement aux radiations rouge, jaune, verte et bleu violet. Martin vient de reprendre l'étude de la nitrobenzine et trouve des valeurs de ρ comprises entre 0,679 et 0,684, qui s'accordent avec les miennes, sauf en lumière bleue, peut-être à cause d'une légère fluorescence.

Enfin Martin, plaçant la nitrobenzine dans un champ magnétique de 5000 gauss, a constaté que ρ n'avait pas varié. Dans un Mémoire présenté comme *Diplôme d'études supérieures* à la Faculté des Sciences de Paris, j'ai donné la théorie de la diffusion de la lumière dans un gaz soumis à un champ électrique. J'ai étendu depuis cette théorie au cas d'un fluide quelconque en supposant que l'anisotropie moléculaire était la seule cause de dépolarisation, quoiqu'on puisse traiter des cas plus complexes : je ne donne pas les calculs de moyennes, fastidieux mais faciles. On trouve pour la dépolarisation :

$$\rho_E = \rho_0 \left\{ 1 - \mu \left[\frac{1}{21} + \frac{4}{9} \rho_0 \left(\frac{1}{7} + \frac{\Phi}{\delta_0} \right) \right] \right\},$$

en posant

$$\mu = \frac{(\varepsilon - 1)(\varepsilon + 2)}{8\pi RT} \delta_e \frac{M}{d} E^2 \qquad \text{et} \qquad \Phi = \frac{RT d}{M} \beta \left(\frac{n^2 + 2}{3} \right)^2,$$

formule où δ_e et δ_0 caractérisent les anisotropies électriques et optiques des molécules suivant une notation de Langevin (théorie de l'effet Kerr); ε est la constante diélectrique, n l'indice de réfraction, d la densité du corps de masse moléculaire M et de compressibilité β; ρ_0 est la dépolarisation en l'absence de tout champ électrique, ρ_E est la dépolarisation dans le champ E supposé dirigé suivant Oz : $E = 100000$ volts/cm donnerait une variation de ρ de $\frac{1}{200}$ environ, tout à fait inappréciable; les effets d'orientation du champ magnétique étant à coup sûr plus petits, le résultat négatif de l'expérience de Martin s'explique parfaitement.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la largeur des raies de la série de Balmer dans la décharge oscillante.* Note ([1]) de M[lle] **M. Hanot**, présentée par M. A. Cotton.

Dans le spectre fourni par des étincelles jaillissant dans l'hydrogène, la largeur des raies de la série de Balmer dépend du champ électrique auquel sont soumis les atomes émetteurs, de la température et de la pression du gaz au moment de l'émission lumineuse; elle dépend aussi, indirectement, de toutes les conditions capables de faire varier celles-ci, en particulier des caractères du courant électrique alimentant l'étincelle. Dans le but de préciser davantage le problème, je me suis proposé d'étudier d'abord aussi méthodiquement que possible le rôle de ces derniers facteurs.

Conditions expérimentales. — Les spectres ont été photographiés au moyen d'un réseau concave de Rowland donnant dans la région bleue 5,6 ampères par millimètre et la largeur des raies, telle qu'elle a déjà été définie ([2]), est déterminée à l'aide du microphotomètre de Fabry et Buisson.

Au lieu de mesurer directement la période T des oscillations de l'étincelle, j'ai mesuré leur longueur d'onde $\lambda = v\mathrm{T}$ au moyen d'un contrôleur d'onde de T.S.F., λ varie dans ces mesures de 100 à 1400^{m}.

La capacité est généralement formée soit par 4 condensateurs de Moscicki montés en parallèle ($\mathrm{C} = 4c$) soit par 2 de ces condensatenrs montés en série $\left(\mathrm{C} = \frac{c}{2}\right)$, c étant pour tous très voisin de $0^{\mu\mathrm{f}},0037$.

Le potentiel de charge des condensateurs V est mesuré par la longueur d'étincelle que l'on peut obtenir dans l'air entre les boules d'un micromètre placé en dérivation entre leurs bornes; dans les premières expériences, il est simplement réglé par l'étincelle étudiée qui a une longueur fixe et il est de l'ordre de 3000 volts. Ensuite je l'ai fait varier de 3000 à 14000 volts en ajoutant dans le circuit une coupure de longueur variable.

Influence du rapport $\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{T}}$ $\left(\text{ou } \frac{\mathrm{C}}{\lambda}\right)$. — Ainsi que je l'ai signalé dans une Note précédente, lorsque l'on augmente la période en ajoutant au circuit une self suffisante, la largeur des raies diminue notablement. Elle augmente, par contre, si l'on augmente la capacité; ceci conduit à penser que le facteur

---

([1]) Séance du 29 décembre 1924.

([2]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1071.

important est non pas T ou $\sqrt{LC}$, mais $\frac{C}{T}$ ou $\sqrt{\frac{C}{T}}$, ou encore l'intensité maxima du courant : $I_0 = \frac{2\pi}{T} CV$.

En effet, j'ai pu remarquer que, dans tous les cas étudiés, une variation de la capacité ou de la self a entraîné une variation de la largeur des raies qui est de même sens que celle de $\frac{C}{L}$. Voici en particulier le résultat d'une série de mesures spécialement destinées à vérifier cette relation : la raie H_β a été photographiée quatre fois sur la même plaque dans les conditions suivantes (toutes choses égales d'ailleurs) :

(1)	$C = 4c$	$\lambda = 440^m$	$\frac{C}{\lambda} = \frac{c}{110}$	Largeur (mesurée sur le cliché)...	7^{mm}
(2)	$C = 4c$	$\lambda = 1200$	$\frac{C}{\lambda} = \frac{c}{300}$	» » ...	5,2
(3)	$C = \frac{c}{2}$	$\lambda = 150$	$\frac{C}{\lambda} = \frac{c}{300}$	» » ...	5,4
(4)	$C = \frac{c}{2}$	$\lambda = 425$	$\frac{C}{\lambda} = \frac{c}{850}$	» » ...	2,7

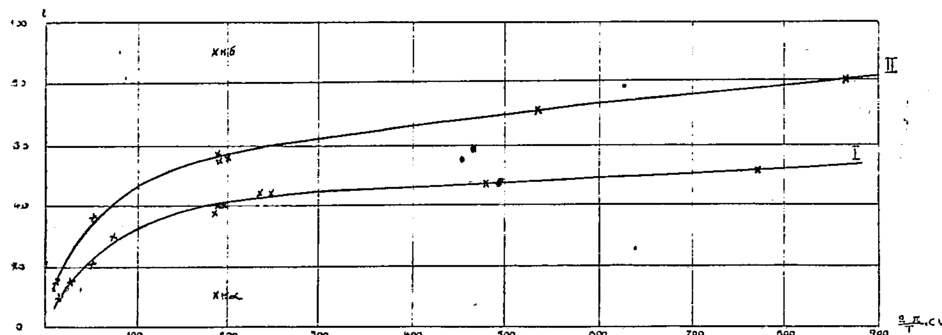
Les mesures étant faites à quelques dixièmes de millimètre près, on peut admettre que les variations simultanées de C et λ, $\frac{C}{\lambda}$ restant constant, n'ont pas modifié la largeur de la raie, tandis que la variation d'une seule de ces quantités la modifie de façon très appréciable.

Influence de V. — La largeur des raies augmente avec V. Afin de déterminer si c'est le produit $\frac{C}{T} \times V$ ou bien une autre fonction de ces variables qui intervient, j'ai essayé de compenser l'effet de période par l'effet de potentiel : deux séries de mesures, faites pour des valeurs différentes de $\frac{V}{T}$, ont montré que la largeur d'une raie ne varie pas si l'on multiplie simultanément V et T par un même nombre (3, 5).

Conclusion. — Si, dans tous les cas étudiés, on porte en abscisses une quantité proportionnelle à I_0 et en ordonnées les valeurs correspondantes de la largeur et des raies, les points obtenus se répartissent très régulièrement sur des courbes de forme acceptable.

La courbe I résume les résultats de plus de quinze mesures effectuées sur H_β en faisant varier de toutes les façons possibles C, V et T; I_0 variait de 15 à 800 ampères. Les points se placent sur la courbe à 1 ou 2 ampères

près, quantité qui est de l'ordre des erreurs d'expérience. Les mesures faites pour H_γ sont généralement moins précises car, malgré la largeur très grande de cette raie, son intensité lumineuse présente un maximum particulièrement aigu dont la valeur est difficile à déterminer exactement; néanmoins l'ensemble de ses mesures conduit à représenter sa largeur en fonction de I_0



par une courbe qui pourrait se déduire de la précédente en multipliant les ordonnées par un facteur sensiblement constant (courbe II). On peut expliquer la forme de ces courbes en supposant que le passage de l'étincelle provoque une brusque élévation de température et de pression, d'autant plus considérable que le courant est plus intense, mais limitée par les phénomènes de rayonnement.

De cette étude on peut conclure que, *pour une pression et une température initiales données, l'intensité maxima du courant qui traverse une étincelle oscillante faiblement amortie détermine la largeur des raies étudiées.*

Remarque sur la largeur des raies dans la décharge apériodique. — Dans la Note précédente déjà citée, j'ai indiqué que la largeur des raies est indépendante de l'amortissement. On pouvait songer à interpréter ce résultat en remarquant que les variations de I_0 résultant d'un accroissement de résistance sont généralement faibles devant celles qui proviennent des autres causes étudiées. De nouvelles mesures ont montré que cette explication est insuffisante; en effet, le calcul montre que si l'on ajoute au circuit une résistance suffisante (résistance critique $\times$ 2,3), on divise par 5 la valeur de I_0. Or je n'ai pu mettre en évidence aucune modification de la largeur des raies par effet d'amortissement, même en employant une résistance trois fois supérieure à celle pour laquelle le calcul avait été fait.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelle du tungstène et du mercure dans l'ultraviolet extrême.* Note [1] de M. **Bayen**, présentée par M. Cotton.

L'étude systématique des spectres des éléments dans la région comprise entre 1850 et 2100 Å n'a été abordée qu'à une date toute récente. Elle exige en effet des procédés photographiques spéciaux qui ne sont devenus commodes que depuis quelques années. Les auteurs qui ont fait des mesures dans cette région sont : L. et E. Bloch [2], Eder [3], Takamine et Nitta [4]. Leurs recherches ont porté sur plusieurs spectres d'étincelle ou d'arc. Il reste cependant certains éléments dont l'étude dans ce domaine n'a pas encore été faite.

M. Eugène Bloch nous a proposé d'étudier dans cette région les spectres d'étincelle du tungstène et du mercure. Le tungstène n'était connu que par son spectre d'arc étudié par Mlle Belke [5] dans toute la région visible et dans l'ultraviolet jusqu'à 2100 A. Nous avons produit des étincelles condensées au moyen d'un transformateur associé à une batterie de condensateurs et réglé à la résonance suivant la méthode de M. Hemsalech. Le spectre d'étincelle du mercure a été étudié dans cette région par Lehmann et Straubel [6] qui n'ont donné qu'un petit nombre de raies et avec une précision assez faible. Nous avons étudié le spectre que donne la décharge à haute fréquence dans de la vapeur de mercure contenue dans un tube en silice fondue.

Les mesures ont été faites au moyen de deux spectrographes : *a*. un petit spectrographe Féry qui donnait une dispersion de 8 A par millimètre; *b*. un spectrographe composé d'un prisme de Cornu associé à deux lentilles de $1^m,10$ de distance focale; cet appareil donnait une dispersion de 2 A par millimètre. La plaque photographique a été sensibilisée par le procédé de Duclaux et de Jeantet. Comme spectres de comparaison nous nous sommes servi de l'argent et du cuivre en utilisant les longueurs d'onde données par L. et E. Bloch et par Eder. Chaque raie a été

---

(1) Séance du 29 décembre 1924.
(2) L. et E. Bloch, *Journ. de Phys*, 5e série, t. 4, 1914, p. 622.
(3) Eder, *Sitzungsb. Wien*, t. 123, 1914, p. 616.
(4) Takamine et Nitta, *Memoirs Coll. of Sciences Kyoto*, t. 2, 1917, p. 117.
(5) Mlle Belke, *Zeitschrift für wissens Photographie*, t. 17, 1918, p. 132 à 145.
(6) Lehmann et Straubel, *Ann. der Phys.*, t. 7, 1902, p. 909.

mesurée plusieurs fois. Les valeurs ainsi trouvées pour une même raie différaient en général de 3 ou 4 centièmes d'angströms au maximum. Nous avons fait les moyennes de nos nombres.

Le Tableau I indique les raies du tungstène, le Tableau II les raies du mercure. Toutes ces raies sont nouvelles à l'exception de quelques raies du mercure marquées par un astérisque.

Tableau I. — Tungstène.

I.	λ.	I.	λ.	I.	λ.	I.	λ.
1	1873,00	3	1940,60	3	1981,70	4	2027,30
2	77,19	3	42,37	3	82,24	3	29,10
2	91,85	2	43,89	2	84,41	4	29,95
2	95,37	3	44,29	2	84,96	4	31,50
1	99,95	4	48,86	3	85,24	3	33,25
1	1900,85	5	50,33	1	85,65	6	34,94
1	01,32	2	50,76	3	87,14	4	37,53
1	06,29	2	57,74	4	88,75	4	37,91
2	07,60	2	60,13	3	89,49	3	39,06
2	08,07	5	61,41	3	90,27	1	39,70
2	10,23	5	62,24	3	91,19	1	40,86
1	15,20	1	63,96	1	92,53	3	42,15
2	15,80	1	64,69	3	94,74	2	42,67
2	18,03	5	65,88	2	96,09	3	44,45
2	18,47	2	70,83	2	96,56	3	45,47
2	20,02	2	71,75	2	97,65	3	46,58
2	20,76	2	72,18	2	98,55	3	47,25
3	23,15	2	72,57	4	2001,65	4	48,17
3	24,16	2	74,70	5	06,63	4	49,73
3	27,97	2	75,61	4	08,06	4	50,60
2	28,64	4	75,97	4	09,98	1	51,81
3	29,39	2	76,49	4	11,33	2	52,20
3	30,24	2	76,80	4	14,20	6	54,78
3	30,62	5	77,22	1	16,16	1	56,09
3	31,16	2	78,01	1	17,24	3	57,82
4	33,64	2	78,55	3	22,01	4	58,35
4	34,71	2	79,19	3	22,26	3	62,80
5	37,48	3	80,50	6	26,05	5	63,69
3	39,78	3	81,10	4	27,08	5	64,89

TABLEAU II. — Mercure.

I.	λ.	I.	λ.	I.	λ.	I.	λ.
2	1874,90	2	1949,54	6	1987,17*	6	2026,72*
2	99,44	2	52,26	6	94,89	3	29,45
2	1904,12	5	56,42	4	2001,88	2	37,50
3	23,69	3	65,24	3	04,51	3	42,26
4	26,73	3	67,43	3	06,93	8	52,80
3	33,82	5	72,05*	3	07,35	4	54,67*
3	39,37	8	73,05*	3	08,52	3	58,53
10	41,50*	3	74,88	1	17,12		
3	46,60	5	78,06	1	20,92		
5	47,43	3	80,78	5	22,20		

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'emploi de la cellule photo-électrique pour certaines mesures de photométrie industrielle.* Note (¹) de MM. **R. Jouaust** et **P. Waguet**, présentée par M. Paul Janet.

Il n'est pas possible dans les mesures photométriques de remplacer d'une façon générale l'œil par l'emploi d'une cellule photo-électrique, la réponse de la cellule aux diverses radiations spectrales étant trop différente des facteurs de visibilité correspondants.

Il existe pourtant certains cas où cette substitution est possible. C'est ainsi que Ives, dans ses recherches sur l'étalon lumineux, a pu comparer l'éclat du platine à sa température de fusion à celui d'une lampe à filament de carbone par l'emploi combiné d'une cellule et d'un écran absorbant.

Il existe un autre cas où cette substitution doit être possible. C'est celui de la réalisation dans les laboratoires spéciaux des lampes étalons. Ces lampes sont généralement, soit des lampes à filament de carbone (étalons principaux), soit des lampes à filament de tungstène (étalons secondaires). Dans ces deux modèles de lampes, le filament est disposé dans un plan.

L'étude de ces lampes consiste dans la détermination de la tension à appliquer aux bornes pour que la lampe ait une intensité lumineuse donnée. Les lampes d'un type donné étant identiques doivent travailler à la même température et avoir la même répartition spectrale de leur rayonnement. Il semblerait donc évident qu'une lampe ayant été étudiée par les procédés

(¹) Séance du 29 décembre 1924.

photométriques ordinaires, on puisse par l'emploi d'une cellule photo-électrique amener d'autres lampes de même type à avoir la même intensité lumineuse.

En réalité, il pourrait n'en être pas ainsi. Tout d'abord les lampes ne sont jamais rigoureusement identiques. On constate entre les étalons de légères différences du facteur d'efficacité, ce qui semble indiquer une petite différence dans la température du filament. De plus, avec les procédés actuels de fabrication, la paroi interne de l'ampoule est recouverte d'une mince couche d'un corps étranger ayant servi à la fabrication. Si transparente que soit cette couche, elle modifie légèrement la composition spectrale de la lumière puisque, comme l'ont montré Buckley et Collier, sa présence diminue d'une dizaine de degrés la température équivalente du filament.

On peut craindre que l'influence de cette couche ne soit très variable d'une lampe à l'autre et, par suite, ne modifie sensiblement l'action de la lampe sur la cellule photo-électrique.

C'est ce point que nous avons cherché à élucider.

La lampe était placée à une certaine distance de la cellule (1^m pour les lampes à filament de carbone, $1^m,50$ pour les lampes à filament de tungstène). Le courant photo-électrique était évalué au moyen d'un galvanomètre à cadre de haute sensibilité.

Toutes les lampes étudiées étaient d'environ 20 bougies.

Les recherches ont porté sur 15 lampes à filament de charbon et 8 lampes à filament métallique.

La valeur de l'intensité du courant photo-électrique rapporté à l'intensité moyenne du lot permettait d'évaluer l'intensité lumineuse de la lampe. Chaque lampe a fait l'objet de cinq mesures. Les écarts d'une expérience à l'autre n'ont pas dépassé 1 pour 100, valeur inférieure à celle d'une mesure photométrique isolée et finalement, à une exception près, toutes les lampes ainsi étudiées ont donné à moins de 1 pour 100 la même intensité lumineuse que celle que les nombreuses mesures photométriques dont elles ont été l'objet contribuaient à leur attribuer.

Au cours des expériences préliminaires, il a toutefois été constaté qu'il était nécessaire, lorsqu'on substituait une lampe à l'autre, de prendre de grandes précautions pour faire en sorte que les filaments occupassent exactement la même position.

Ces précautions sont moins nécessaires quand on opère avec des photomètres à écran diffusant.

La cause en est probablement dans la différence de sensibilité de divers points de la couche de l'hydrure de potassium.

L'emploi de la cellule photo-électrique dans le cas particulier que nous avons envisagé est donc légitime.

Il peut rendre de grands services dans les laboratoires amenés à réaliser de nombreux étalons lumineux. Les mesures photométriques ne peuvent être exécutées en effet que par des expérimentateurs exercés. L'emploi de la cellule peut, au contraire, être confié à tout expérimentateur au courant des mesures électriques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la solidification des alliages ternaires aluminium, magnésium, cadmium.* — Note (1) de MM. **J. Valentin** et **G. Chaudron**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les diagrammes des systèmes binaires formés par ces métaux ont été étudiés par différents auteurs : Grube (2) a constaté que le liquidus des alliages aluminium-magnésium passe par un maximum pour la composition $Al^3 Mg^4$, Broniewski (3) a observé, par des méthodes électriques, des anomalies très nettes pour la composition $Al^2 Mg^3$; mais beaucoup moins certaines pour Al Mg ; enfin, Hanson et Gayler (4), par l'analyse thermique et la micrographie, retrouvent le composé $Al^2 Mg^3$, mais indiquent en outre le composé $Al^3 Mg^2$ non entrevu par les auteurs précédents (c'est le diagramme de Hanson et Gayler que nous avons indiqué sur notre figure).

De l'ensemble des travaux (5) sur les alliages magnésium-cadmium, il résulte que ces métaux forment des solutions solides en toutes proportions ; le solidus et le liquidus se rencontrent pour la composition Mg Cd ; ces solutions solides présentent une transformation.

L'aluminium et le cadmium ne sont pas miscibles sauf de o à 3 pour 100 de cadmium (6).

L'étude par l'analyse thermique du système ternaire formé par ces métaux fait l'objet de la présente Note. Comme dans une étude précédente (7), nous avons employé le couple thermo-électrique de M. Le Chatelier avec

(1) Séance du 29 décembre 1924.

(2) *Z. anorg. Chem.*, t. 45, 1905, p. 225.

(3) *Annales de Ch. et Ph.*, t. 8, 1912, p. 25.

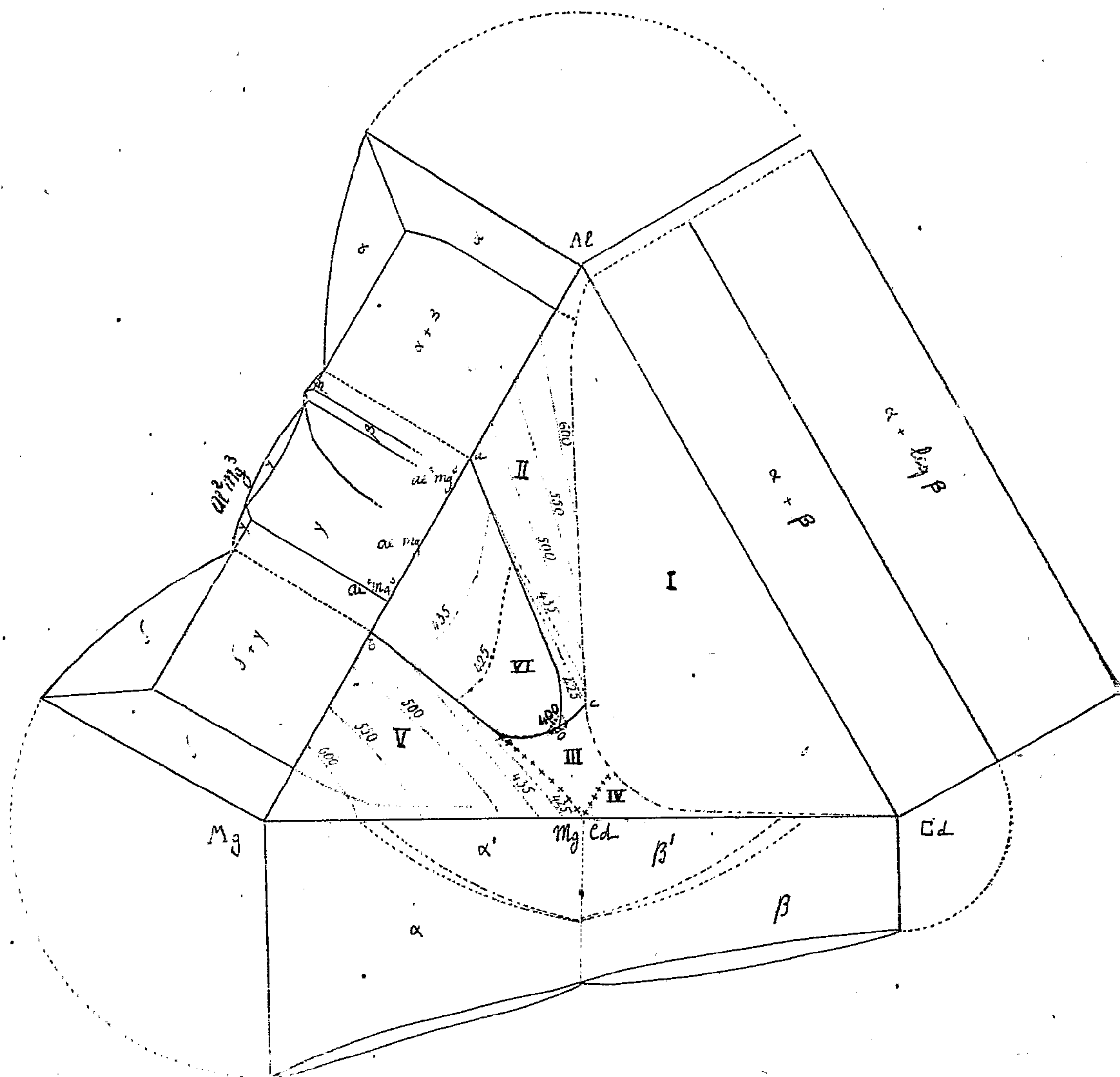
(4) *J. Inst. of Metals*, t. 2, 1920, p. 201.

(5) Bruni et Sandonini, *Z. anorg. Chem.*, t. 78, 1912, p. 273.

(6) Schirmeister, *Stahl u. Eisen*, t. 35, 1912, p. 648.

(7) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1061.

l'appareil enregistreur de M. Rengade. L'interprétation des courbes obtenues a été contrôlée par la micrographie des alliages. Nous nous sommes servis de la représentation triangulaire ; nous avons déterminé les



coupes de la surface de solidification par les plans verticaux joignant les corps purs pris deux à deux, et par deux plans parallèles aux côtés Al — Mg et Mg — Cd, respectivement à 20 pour 100 de cadmium et à 10 pour 100 d'aluminium.

Le diagramme ci-dessus résume nos résultats.

La solidification commençante se fait sur six nappes; trois courbes de dépôts eutectiques secondaires se coupent au point O, point eutectique ternaire à 395°.

Pour les compositions de la nappe I (voir figure) il y a non-miscibilité à l'état liquide; le lingot est formé par deux alliages : à la partie supérieure, une solution solide riche en aluminium et, à la base, une solution solide riche en cadmium,

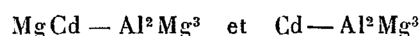
Sur la nappe II, il se dépose une solution solide riche en aluminium.

Sur la nappe III, on trouve le composé défini MgCd; en effet, pour les alliages de cette nappe, on observe une transformation à la même température que pour le MgCd pur; dès que l'on a traversé les lignes indiquées par des croix limitant cette nappe, les températures de transformation s'abaissent progressivement.

Sur la nappe IV, se dépose une solution solide riche en cadmium.

Sur la nappe V, la première anomalie de la courbe de solidification correspond au dépôt d'une solution solide riche en magnésium.

Enfin sur la nappe VI, limitée par les lignes eutectiques secondaires *ao* et *bo*, nos expériences nous indiquent le dépôt d'une solution riche en Al^2Mg^3 qui est le seul composé défini que nous ayons remarqué. Celui-ci a été mis en évidence de la façon suivante : la solidification suivant les plans



$$MgCd - Al^2Mg^3 \quad \text{et} \quad Cd - Al^2Mg^3$$

montre que tout se passe comme dans le cas d'un mélange binaire simple (sauf toutefois la partie du plan $Cd - Al^2Mg^3$ coupant la zone de non-miscibilité). Au contraire, sur les plans aboutissant à AlMg et à Al^3Mg^2, on observe une solidification en trois temps se terminant au point eutectique ternaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'absorption des vapeurs par le charbon.* Note de M. **Édouard Urbain**, présentée par M. G. Urbain.

Le charbon actif pulvérulent est préparé par une quelconque des méthodes connues; il est ensuite transformé à la presse hydraulique en agglomérés de forme géométrique plus ou moins comprimés, de sorte que les différentes variétés d'agglomérés obtenus sont comparables entre elles du point de vue de leur pouvoir absorbant.

Il est connu qu'un même charbon se montre très actif pour certaines vapeurs, et beaucoup moins pour d'autres.

J'ai cherché la raison de ce phénomène, et j'ai été conduit à l'attribuer à ce que j'appellerai la *compacité* du charbon.

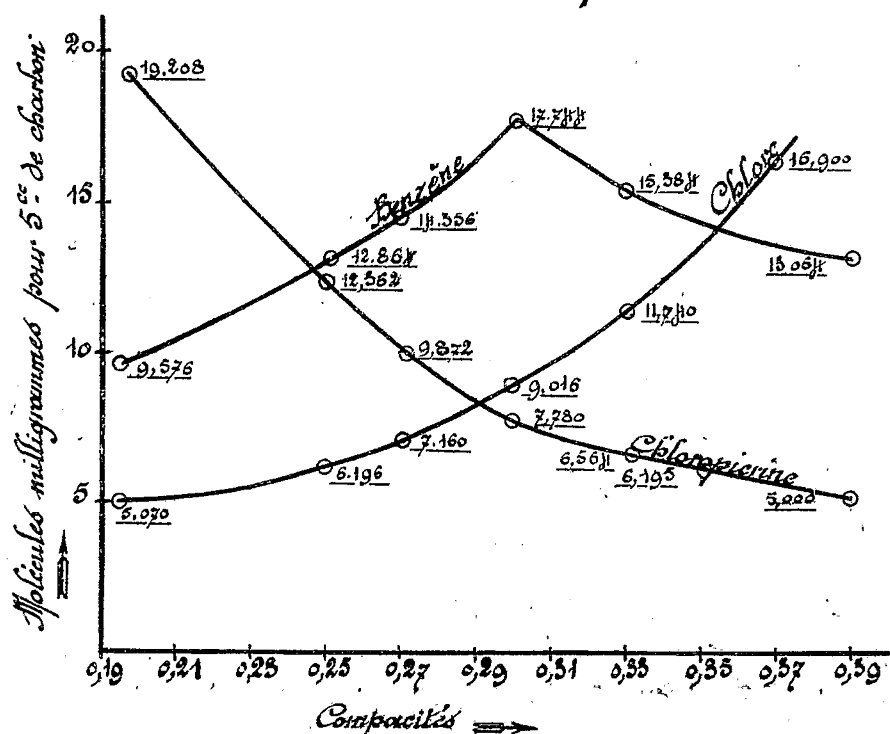
Soient :

v, le volume des pores ;
V, le volume occupé strictement par le carbone ;
Φ, le volume apparent du charbon.

On a

$$\Phi = v + V.$$

La compacité C est définie par le rapport $C = \frac{V}{\Phi}$.



Pour déterminer la compacité, un poids P de charbon bien desséché est complètement imbibé d'un liquide de densité δ, le nouveau poids étant P' on a $v = \frac{P' - P}{\delta}$.

Pour déterminer V, on pèse le charbon imbibé, dans le liquide par la méthode de la balance hydrostatique.

L'exemple suivant donne une idée de la précision des mesures.

Liquide employé.	Compacité observée.
Eau	0,2395
Chlorobenzène	0,2401

Les observations sur l'absorption ont porté sur des vapeurs de chlore, de benzène et de chloropicrine.

Les résultats expérimentaux sont consignés dans le graphique ci-contre.

Il est extrêmement remarquable que l'expérience révèle dans le cas des vapeurs de benzène un optimum d'absorption pour une certaine valeur 0,300 environ, alors que dans les limites de compacité étudiées ce phénomène n'est manifesté ni dans le cas de la chloropicrine, ni dans le cas du chlore. Mais comme les coefficients angulaires des tangentes de leurs courbes respectives de compacité sont de signes contraires, ces courbes évoquent à l'esprit : l'une la branche ascendante, l'autre la branche descendante de la courbe du benzène.

Des expériences en cours ont montré que la position des optima paraissait présenter un certain rapport avec les températures d'ébullition.

D'un point de vue pratique, on peut conclure de ce travail que lorsqu'il s'agit d'absorber, dans les meilleures conditions possibles, une vapeur déterminée, il faut choisir le charbon qui correspond au maximum de la courbe propre au corps considéré.

RADIOCHIMIE. — *Sur les rayons β secondaires produits dans un gaz par des rayons X.* Note (¹) de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Dans une Note antérieure (²) j'ai décrit et interprété les aspects que présentent les rayons β secondaires, étudiés par la méthode de C.-T.-R. Wilson, lorsqu'on les produit dans une atmosphère d'hydrogène contenant une petite proportion d'un gaz plus lourd.

Des expériences nouvelles, portant en particulier sur le krypton (gaz

(¹) Séance du 29 décembre 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1309.

aimablement fourni par M. A. Lepape), ont confirmé ces vues, et mènent ainsi à la conception suivante.

2. Soit un atome du gaz qui vient d'être ionisé profondément, par exemple dans son niveau K, par le rayonnement X incident; l'électron qui est ainsi parti sous forme de rayon β secondaire, laisse une place vide dans ce niveau. Un temps sans doute très court après ce départ, la place vacante est occupée par un électron venant des niveaux plus périphériques, L par exemple, ce qui libère une énergie

$$E = W_K - W_L. \tag{1}$$

On a coutume de penser que cette énergie quitte l'atome où elle a pris naissance, sous forme de rayonnement électromagnétique de fréquence ν, telle que

$$E = h\nu. \tag{2}$$

Ce rayonnement constitue une radiation caractéristique de l'atome excité, on en connaît les effets loin de cet atome producteur : par exemple il peut produire de nouveaux rayons β à une distance dépendant de sa pénétration dans le gaz étudié (j'appellerai ces rayons « tertiaires » par rapport au faisceau primaire de rayons X incidents).

Mais d'après les photographies de rayons β que j'ai pu obtenir, le rayon tertiaire que je viens de définir, prend le plus souvent son origine au même point que le rayon secondaire; le parcours du rayon X, caractéristique de l'atome excité, se réduirait à moins de $\frac{1}{10}$ de millimètre, ce qui est en désaccord avec les coefficients d'absorption connus de ces rayons. Dans le cas du krypton par exemple, le rayon tertiaire devrait se produire en général en dehors de l'appareil d'observation. Le processus de sortie sous forme électromagnétique n'est donc pas nécessaire, et l'énergie libérée par le premier retour électronique peut aussi quitter l'atome sous forme corpusculaire : un électron plus périphérique que K, par exemple L, sera projeté avec une vitesse v telle que

$$\frac{1}{2} m v^2 = E - W_L. \tag{3}$$

laissant l'atome ionisé deux fois. Le même phénomène peut naturellement se produire de nouveau, lors de la chute d'électrons M sur le niveau L, et ainsi de suite tant qu'il reste des niveaux plus périphériques. Le processus total aboutit donc à la transformation presque complète en rayonnement corpus-

culaire de l'énergie E (à part les énergies très faibles des derniers niveaux, pour lesquels le rayonnement électromagnétique est nécessaire, puisqu'il n'y a plus d'électrons dans l'atome qui puissent sortir à sa place).

On peut exprimer ceci en langage courant en disant que le rayonnement électromagnétique K produit à la suite de la première ionisation de l'atome, rayonnement de fréquence donnée par la relation (2), est souvent réabsorbé dans l'atome lui-même qui lui a donné naissance, provoquant l'émission d'un véritable rayon tertiaire de même origine que le rayon secondaire.

En réalité nous ne connaissons que le rayonnement électromagnétique qu'en dehors et loin des atomes producteurs, ce qui diminue la valeur de cette interprétation.

Les circonstances qui déterminent la sortie de l'énergie sous l'une ou l'autre forme sont sans doute régies par des conditions de correspondance. En gros, la réabsorption sur place semble plus fréquente dans les atomes légers.

3. Les cas étudiés expérimentalement se divisent au point de vue de l'aspect des rayons en trois groupes dont l'explication peut se faire à l'aide des considérations précédentes.

I. Le rayon β secondaire est seul, mais à son origine il porte un globule formé d'une agglomération d'ions. Ce cas se présente pour l'argon pur, l'énergie K de ces atomes étant insuffisante pour faire parcourir à l'électron tertiaire plus de quelques dixièmes de millimètre dans l'argon à la pression atmosphérique. Même aspect pour l'azote dilué dans l'hydrogène, l'atmosphère est beaucoup moins absorbante, mais l'énergie K est aussi bien plus petite.

II. Le rayon β secondaire est accompagné d'un rayon de quelques millimètres partant de la même origine, laquelle est marquée d'un globule. C'est le cas de l'argon dans l'hydrogène : le rayon tertiaire dans ce milieu peu dense s'allonge jusqu'à devenir nettement mesurable. C'est aussi le cas de l'iode excité au-dessous de sa bande d'absorption K : dans cet exemple c'est le niveau L qui est excité, le rayon β tertiaire correspond à cette énergie qui est comparable à K de l'argon, et parcourt une longueur analogue.

III. Le rayon secondaire est accompagné d'un rayon tertiaire de longueur comparable provenant du même point. Ce rayon se distingue du précédent en ce qu'il est insensible aux variations de la tension d'excitation des rayons X incidents. De plus, dans ce cas, un petit rayon supplémentaire vient montrer l'existence du phénomène quaternaire : c'est ce

qui se produit avec le krypton dilué dans l'hydrogène où le rayon tertiaire parcourt $1^{cm},5$, et le rayon quaternaire 1^{mm} environ, ce qui correspond bien aux énergies K et L de ce corps.

4. Les aspects décrits ci-dessus ne sont pas absolument réguliers, ce qui s'explique par la complexité du phénomène total, quand le nombre de niveaux augmente et par la fuite, sous forme électromagnétique, de l'énergie. On peut sans doute demander à la théorie précédente l'explication des « paired-tracks » de C.-T.-R. Wilson [1]. Cet auteur opérant dans l'air, mélange qui contient de petites quantités de gaz lourds, a probablement observé des rayons secondaires accompagnés d'un rayon tertiaire de grande longueur, dû à l'énergie élevée des niveaux profonds de ces atomes lourds.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le déplacement des métaux alcalins par le fer.* Note [2] de MM. **L. Hackspill** et **R. Grandadam**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Au cours de nos mesures précédentes [3] sur la tension de vapeur des chlorures de sodium et de potassium, nous avons constaté à partir de 800° l'attaque des tubes de fer, servant aux expériences. Il se forme du chlorure ferreux et du chlorure ferrique d'après la réaction



$$Fe + 2MCl \rightleftharpoons FeCl^2 + 2M \quad (-115^{cal},9 \text{ pour } KCl).$$

Pour justifier cette formule, il fallait mettre en évidence la présence de métal alcalin. Nous n'y sommes point parvenus par distillation dans le vide, car le chlorure alcalin et surtout le chlorure ferrique se volatilisent en même temps que le métal alcalin et se condensent avec lui dans la région froide du tube. Cependant, de l'eau introduite après refroidissement dans l'appareil, où règne un vide parfait; sa formation produit un dégagement léger d'hydrogène que l'on a pu recueillir et mesurer ne peut s'expliquer d'une façon simple que par la présence du métal alcalin.

En remplaçant les chlorures par les bromures ou iodures alcalins, les résultats sont du même ordre, les sels de fer correspondants étant très volatils. Avec les fluorures, sels moins volatils que les précédents, on obtient un peu au-dessus du point de fusion, un abondant dégagement de métal pur

---

(1) C.-T.-R. Wilson, *Proc. Roy. Soc.*, t. 104, 1923, p. 1-24.

(2) Séance du 29 décembre 1924.

(3) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 464.

qu'il est facile de recueillir :

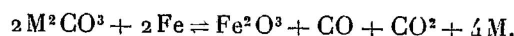


$$2\,MF + Fe \rightleftharpoons FeF^2 + 2\,M.$$

Le fer décompose également dans le vide tous les autres sels minéraux des métaux alcalins, en général aux environs du point de fusion du sel. A en juger par les produits formés, la réaction paraît souvent complexe, mais elle peut toujours s'expliquer par une simple substitution de métal fixe à un métal volatil, suivie de la décomposition du sel de fer instable à la température à laquelle on opère.

C'est ainsi que le cyanure de sodium chauffé avec un excès de fer réduit fournit avec un rendement quantitatif du carbure de fer et de l'azote.

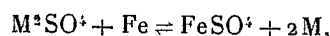
Le carbonate de potasse et le fer donnent vers 800°-900° :



$$2\,M^2CO^3 + 2\,Fe \rightleftharpoons Fe^2O^3 + CO + CO^2 + 4\,M.$$

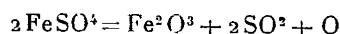
Les sulfates sont attaqués à 1000° par le fer, même en tournure grossière, avec mise en liberté de métal et formation d'oxyde et de sulfure de fer.

Dans ce dernier cas, il a été possible de mettre en évidence la formation intermédiaire de sulfate ferreux. En employant un excès de sulfate de potassium et en ne prolongeant pas trop le chauffage, on retrouve, dans l'épais creuset de fer utilisé comme récipient, un mélange de $FeSO^4$ et de K^2SO^4. Nous avons donc le droit de représenter la réaction de la manière suivante :



$$M^2SO^4 + Fe \rightleftharpoons FeSO^4 + 2\,M,$$

après quoi le sulfate de fer donne



$$2\,FeSO^4 = Fe^2O^3 + 2\,SO^2 + O$$

et avec un excès de fer, du sulfure et de l'oxyde. Il est possible qu'il y ait également formation d'oxyde et de sulfure de potassium, mais ces composés sont détruits par Fe avec mise en liberté de potassium.

Les résultats précédents nous ont conduits tout naturellement à répéter la célèbre expérience de Gay-Lussac et Thénard (¹) : Réduction de la potasse et de la soude par le fer



$$3\,Fe + 4\,KOH = Fe^3O^4 + 2\,H^2 + 4\,K.$$

Les deux illustres savants opéraient à la température la plus élevée fournie par un four à réverbère, c'est-à-dire entre 1000° et 1200°. Ils

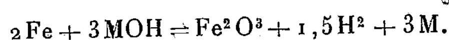
---

(¹) GAY-LUSSAC et THÉNARD, *Recherches physicochimiques*, t. 1, 1811, p. 74.

insistent sur la nécessité de chauffer le mélange aussi fortement que possible et d'entraîner la petite quantité de métal libéré par un rapide courant d'hydrogène.

Tout est là, en effet, il faut déplacer l'équilibre en enlevant l'élément le plus volatil de la réaction. En opérant dans le vide, nous avons pu constater un commencement de réaction vers 500° et obtenir entre 600 et 650° un rendement de 70 à 80 pour 100 du métal contenu dans la potasse.

La réaction est dans ce cas la suivante :



$$2Fe + 3MOH \rightleftharpoons Fe^2O^3 + 1,5H^2 + 3M.$$

L'appareil en verre, décrit précédemment par l'un de nous (¹) pour la préparation du rubidium et du cæsium, convient parfaitement à cette opération.

En résumé le fer déplace dans le vide à une température plus ou moins élevée les métaux alcalins de leurs sels et de leurs hydrates; dans beaucoup de cas il est possible de recueillir le métal alcalin, dans d'autres on ne peut que démontrer sa présence par un dégagement d'hydrogène au contact de vapeur d'eau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la désamination semipinacolique de quelques amino-alcools*. Note (²) de MM. **Al. Orékhoff** et **Max Roger**, présentée par M. A. Haller.

M. Mc Kenzie et ses collaborateurs (³) ont trouvé récemment que certains amino-alcools, traités par l'acide nitreux, donnent naissance non pas aux glycols correspondants résultant normalement du remplacement du groupe NH^2 par OH, mais aux produits de déshydratation de ces glycols. C'est ainsi que la 1.1.2-triphényléthanolamine-2 $(C^6H^5)^2COH - CH(NH^2)C^6H^5$ leur a donné la triphényléthanone $(C^6H^5)^2CH - CO - C^6H^5$.

Le grand intérêt de cette réaction résulte du fait qu'elle est souvent accompagnée d'une transposition moléculaire. C'est ainsi que la 2.3-diphénylpropanolamine-3 $(C^6H^5)(CH^3)COH - CH(NH^2)C^6H^5$ donne, par

(¹) L. Hackspill, *Bull. Soc. chim.*, t. 9, 1911, p. 446.

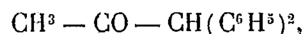
(²) Séance du 29 décembre 1924.

(³) Mc Kenzie et Roger, *J. Ch. Soc.*, t. 125, 1924, p. 844; Mc Kenzie et Dennler. *Ibid.*, t. 125, 1924, p. 2105.

l'action de l'acide nitreux, non pas la méthyldésoxybenzoïne

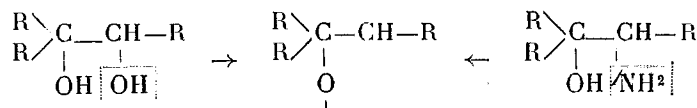


mais la diphénylacétone



qui est formée par migration de l'un des groupes phényle.

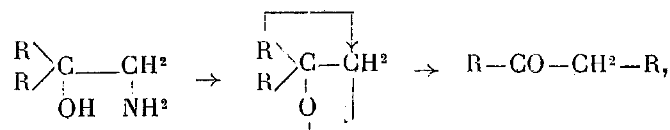
Cette réaction présente une grande analogie avec la transposition semipinacolique des glycols. En effet, le groupe NH^2 est lié à un carbone secondaire et son élimination réalise la même structure intermédiaire que l'élimination de l'oxhydryle secondaire dans les glycols trisubstitués :



Aussi M. Mc Kenzie a-t-il proposé pour cette réaction le nom de *désamination semipinacolique*.

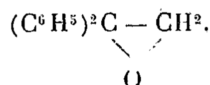
Cette réaction n'a été jusqu'à présent étudiée que sur des amino-alcools contenant le groupe NH^2 lié à un carbone secondaire.

On pouvait s'attendre à ce que les corps analogues, mais qui contiennent le groupe NH^2 lié à un carbone primaire, se comporteraient de même et permettraient de réaliser ainsi un type nouveau de transposition semipinacolique :



type qui, jusqu'à présent, n'a jamais pu être réalisé dans la série des glycols.

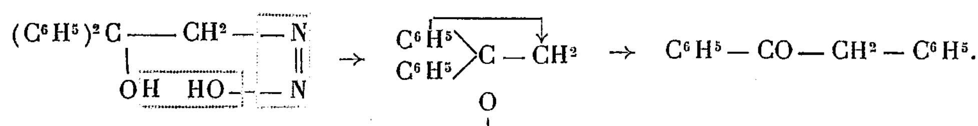
Or une observation déjà ancienne de MM. Paal et Weidenkaff [1] semblait être en contradiction avec ces prévisions. En traitant par l'acide nitreux la 1.1-diphényléthanolamine-2 $(C^6H^5)^2COH-CH^2NH^2$, ces auteurs ont obtenu un corps cristallisé (p. f. 54-55°) qu'ils ont cru pouvoir envisager comme identique avec l'oxyde de diphényléthylène dissymétrique



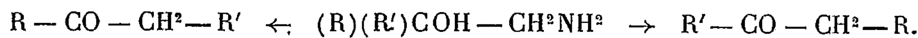
(1) PAAL et WEIDENKAFF, *D. Ch. Ges.*, t. 39, 1906, p. 2062.

Or, comme cette identification nous a paru insuffisante, nous avons repris les essais de Paal et Weidenkaff et nous avons aussitôt pu constater que leur conclusion était erronée et que le produit en question est identique avec la *désoxybenzoïne*. Non seulement ce produit est parfaitement stable vis-à-vis des agents acides, ce qui le différencie de l'oxyde de diphényléthylène, mais encore il donne tous les dérivés bien connus de la désoxybenzoïne : oxime, semicarbazone, dérivé benzylé, etc., que nous avons tous comparés et identifiés avec des produits obtenus avec de la désoxybenzoïne de provenance non douteuse.

En ce qui concerne le mécanisme de cette réaction, on ne saurait envisager la formation du glycol ou de l'oxyde d'éthylène correspondant, étant donné que ces deux corps s'isomérisent avec formation d'aldéhyde diphénylacétique et non pas de désoxybenzoïne. Si l'on essayait d'appliquer à ce cas l'hypothèse d'un échange préalable entre les groupements NH^2 et C^6H^5, cette conception conduirait également à des conséquences difficilement admissibles. La seule interprétation qui est à envisager est celle de la formation d'une structure intermédiaire instable dans le schéma suivant :



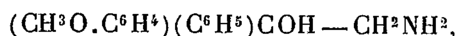
Si nous appliquons cette réaction à des amino-alcools contenant deux groupes différents, l'allure de la réaction pourra être différente suivant que ce sera l'un ou l'autre de ces radicaux qui émigrera :



Avec cette réaction, nous sommes donc en possession d'une nouvelle méthode de comparaison des aptitudes migratrices des différents radicaux et il est, évidemment, du plus grand intérêt de voir si les résultats obtenus par cette méthode seront concordants avec ceux obtenus dans les autres séries.

Nous nous sommes aussitôt servis de cette nouvelle méthode pour comparer entre eux deux radicaux, dont l'aptitude migratrice a déjà été étudiée par M. Tiffeneau et l'un de nous, à savoir les radicaux phényle et *p*-anisyle.

La *p*-méthoxy-1.1-diphényléthanolamine-2,



que nous avons obtenue par l'action de C^6H^5MgBr sur la *p*-méthoxy-ω-

aminoacétophénone, nous a donné, avec l'acide nitreux naissant, un corps cristallisé (P. F. 98-99°), que nous avons pu facilement identifier avec la p'-méthoxydésoxybenzoïne ($CH^3O.C^6H^4.CH^2 - CO - C^6H^5$ que l'un de nous a obtenue récemment par un procédé différent. Il est évident que cette cétone est formée par migration du groupe anisyle qui possède, par conséquent, une aptitude migratrice supérieure à celle du phényle.

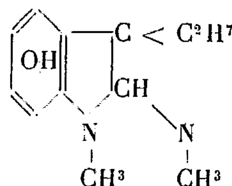
Conclusions. — 1. Les amino-alcools du type $(R)(R')COH - CH^2NH^2$, traités par NO^2H, donnent les cétones $R - CO - CH^2R'$.

2. La formation de ces cétones s'effectue sans passer par les glycols ou les oxydes correspondants; il y a élimination directe de N^2 et de H^2O avec formation d'une structure intermédiaire, analogue à celle admise dans la déshydratation semipinacolique.

3. Dans la transposition par désamination semipinacolique, l'aptitude migratrice du groupe p-anisyle est supérieure à celle du groupe phényle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxyésérine et ses dérivés.*
Note de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Ch. Moureu.

Nos recherches précédentes nous avaient permis de caractériser de façon certaine dans l'édifice moléculaire de l'éséroline, le groupement



Il ne subsistait comme indéterminations que la place de OH dans le noyau benzénique et la configuration du cycle basique : méthylpyrrolidinique ou pipéridinique. La synthèse de l'éthoxy-5-diméthyl-1.3-indol, réalisée par M. E. Stedman (¹), et l'identification de ce dérivé avec l'éther éthylique du physostigmol que l'on obtient par distillation de l'iodométhylate d'éséréthol, a levé la première indétermination, mais n'a pas résolu la seconde. Le groupement 3-méthyle préexiste-t-il dans l'éséréthol ou se

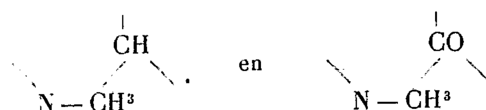
(¹) *Chem. Soc.*, t. 125, 1924, p. 1375.

forme-t-il aux dépens d'un CH^2 du noyau basique? Dans le premier cas on aurait affaire à une méthylpyrrolidine, dans le second à une pipéridine.

Nous avons pensé que l'étude des dérivés ψ-génésériniques pourrait apporter quelque lumière sur ce point.

Nous avons montré que la série de la génésérine (N-oxyde d'ésérine) donnait naissance par iodométhylation à de nouvelles bases, dont les caractères différaient totalement de ceux de la base primitive, ainsi que de ceux de l'ésérine. L'oxygène primitivement fixé à l'azote a dû oxyder un des carbones de la molécule, en même temps que le noyau basique s'ouvrait de ce fait.

Nous avons pu établir depuis que ces bases, que nous avions désignées par le préfixe ψ, ne sont autres que des oxyésérines, formées par l'oxydation du groupement



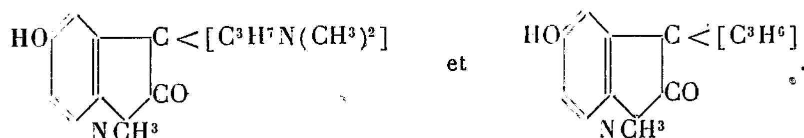
et, par conséquent, analogues aux oxyhydrastinine, oxyberbérine, desquelles elles se rapprochent d'ailleurs par leurs propriétés.

Ainsi la ψ-génésérolimélhine (F. 171°) provenant de l'iodométhylation de la généséroline, et qui répond à la formule $C^{14}H^{20}N^2O^2$ (trouvé pour 100 : C = 67,69, H = 8,16, N = 11,14; calculé pour 100 : C = 67,77, H = 8,06, N = 11,33) est un corps franchement basique. Elle donne un chlorhydrate neutre $C^{14}H^{20}N^2O^2HCl$, sans perte d'eau (Cl = 12,36; calculé : Cl = 12,48), mais, contrairement à la série de l'ésérine, ne donne plus de sels biacides ni de diiodométhylates, l'azote hydroindolique ayant complètement perdu ici son caractère basique.

La méthylation exhaustive de ces bases aboutit, en effet, en dernier lieu, à un monoiodométhylate d'*o*-méthyl-ψ-génésérolimélhine (F. 153°).

La dégradation de Hofmann de l'iodométhylate de ψ-génésérolimélhine (F. 275°) qui peut s'effectuer soit par NaOH concentrée à 200°, soit mieux encore par fusion prolongée du sel même, se poursuit, comme pour l'hydroésérine, en deux sens différents : 1° perte de CH^3I et régénération de la méthine primitive; 2° arrachement de $N(CH^3)^3HI$ et production du composé partiellement désazoté, le ψ-génésérolène $C^{12}H^{13}NO^2$ fondant à 224° (C = 70,4 pour 100, H = 6,35 pour 100, N = 6,93 pour 100; calculé : C = 70,9 pour 100, H = 6,40 pour 100, N = 6,89 pour 100), $\alpha_D = -85°$ (en solution alcoolique à 95°; $c = 1,8$ pour 100).

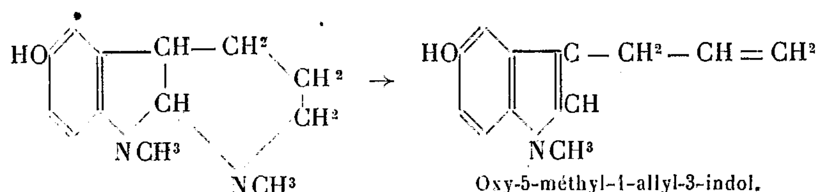
Ce composé phénolique se dissout dans les alcalis, mais, à l'encontre de l'éthésérolène, est insoluble dans les acides même forts. Il résiste aussi bien aux réducteurs acides qu'à l'action des alcalis fixes. Toutes ces propriétés rapprochent ce corps de la classe des N-méthyloxindols. Nous sommes donc amenés à attribuer les formules suivantes à la ψ-génésérolimethine et au ψ-génésérolène :



Il faut, par conséquent, substituer à nos anciennes appellations celles d'oxyésérolimethine, oxyésérolène, etc.

L'étude de la marche de la dislocation de la molécule ésérinique nous a fourni des éléments dont on peut tirer quelques déductions sur la configuration du noyau basique. Nous voyons en effet que la perte de deux carbones et la formation d'un véritable indol (physostigmol) ne se produit que lorsqu'on part d'un noyau basique fermé (éséroline, eséréthol) ([1]). Au contraire, dès que nous partons d'un iodométhylate d'une base méthine ouverte (esérétholméthine, hydroésérétholméthine, oxyésérolimethine), la fusion prolongée de ces corps ne s'accompagne pas de perte de carbone et la dégradation régulière de Hoffmann s'opère en fournissant un dérivé encore hydroindolique (éthésérolène, oxyésérolène). C'est que dans le second cas $N(CH^3)^2$ n'a besoin pour s'arracher que d'un atome de H, qu'il trouve toujours dans le CH^2 en β par rapport à lui. Dans le premisr cas, au contraire, le départ de $N(CH^3)$ nécessite l'arrachement de 2H et ne peut donc se faire sans créer un dérivé indolique.

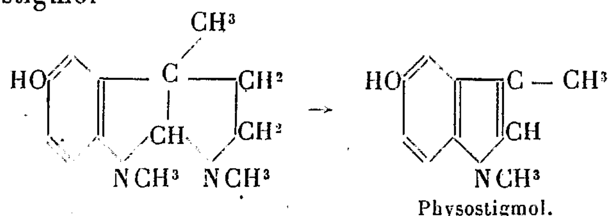
Mais le fait que l'on n'obtient pas l'allylindol correspondant



Oxy-5-méthyl-1-allyl-3-indol.

([1]) Nous avions d'ailleurs obtenu depuis longtemps l'éthylphysostigmol, accompagné de méthylamine, par simple distillation de l'éséréthol dans le vide partiel.

mais le physostigmol



Physostigmol.

plaiderait plutôt en faveur de cette dernière configuration.

Des essais sont en route pour élucider définitivement ce point.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches dans la série du diphénylméthane. Sur le bromure de triméthylbenzhydrylammonium.* Note [1] de M. **Marcel Sommelet**, présentée par M. Béhal.

J'avais indiqué, dans une Communication précédente [2] que le bromure de triméthylbenzhydrylammonium $(C^6H^5)^2CH—N(CH^3)^3Br$ ne peut pas être isolé comme produit de la réaction du bromure de méthyle sur la diméthylbenzhydrylamine $(C^6H^5)^2CH—N(CH^3)^2$ quand on opère en solution dans l'alcool méthylique. On peut l'obtenir aisément quand on chauffe un mélange de l'halogénure alcoolique avec l'amine tertiaire en solution dans le benzène ou quand on met en contact le diphénylbromométhane $(C^6H^5)^2CHBr$ avec une solution benzénique de triméthylamine.

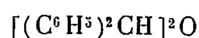
Ce bromure quaternaire est assez soluble dans le chloroforme et dans l'eau, moins soluble dans l'alcool absolu, très peu soluble dans le benzène ou dans l'éther; on peut le purifier par cristallisation d'un mélange de chloroforme et de benzène ou d'un mélange d'alcool à 95° et d'éther. Le sel, purifié suivant le deuxième procédé, retient, après dessiccation à l'air, une molécule d'eau de cristallisation; celle-ci peut être éliminée par une dessiccation prolongée à la température de 100°, mais si l'on cherche à accélérer la transformation en sel anhydre en poussant jusqu'à 130°-140° il y a décomposition.

---

(1) Séance du 22 décembre 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1149.

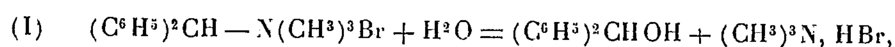
Les produits de cette décomposition sont l'éther-oxyde du benzhydrol



$$[(C^6H^5)^2CH]^2O$$

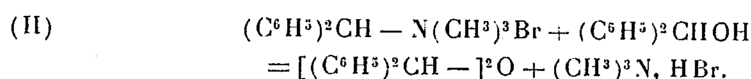
et le bromhydrate de triméthylamine. Le sel quaternaire subit donc une scission qui sépare le groupement azoté $Br(CH^3)^3N$— du reste benzhydryle — $CH(C^6H^5)^2$.

La différence de manière d'être que manifeste le bromure hydraté, quand on le maintient à 100°, puis, quand on élève la température, ne pouvait être rapportée qu'à l'eau présente dans sa molécule; sous cette influence, le sel quaternaire devait, tout d'abord, se dissocier en benzhydrol et bromhydrate de triméthylamine :



$$\text{(I)} \quad (C^6H^5)^2CH - N(CH^3)^3Br + H^2O = (C^6H^5)^2CHOH + (CH^3)^3N, HBr,$$

puis, aussitôt que le benzhydrol apparait, réagir sur lui en engendrant l'éther-oxyde du benzhydrol et, cette fois encore, du bromhydrate de triméthylamine :



$$\text{(II)} \quad (C^6H^5)^2CH - N(CH^3)^3Br + (C^6H^5)^2CHOH = [(C^6H^5)^2CH -]^2O + (CH^3)^3N, HBr.$$

Cette hypothèse est justifiée par les deux observations suivantes :

1° Lorsqu'on soumet à l'ébullition la solution du sel quaternaire dans un grand excès d'eau, le sel se décompose; après 48 heures, plus de la moitié a disparu faisant place à du benzhydrol, accompagné d'une faible quantité de son oxyde, et à du bromhydrate de triméthylamine. C'est la modification que représente la première des équations ci-dessus; elle se limite, de façon prédominante, à la production du benzhydrol à cause de la grande quantité d'eau employée.

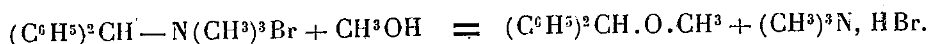
2° C'est, au contraire, la modification représentée par la seconde équation qui se réalise, quand on chauffe à 125-130° un mélange de bromure de triméthylbenzhydrylammonium et de benzhydrol; il y a, cette fois, l'eau étant absente, réaction du sel quaternaire, sur le benzhydrol lui-même d'où résultent l'éther-oxyde du benzhydrol et du bromhydrate de triméthylamine en quantités à peu près théoriques.

Le bromure quaternaire se montre donc particulièrement sensible à l'action des combinaisons hydroxylées. J'ai déjà eu l'occasion de mentionner [1]

---

[1] *Loc. cit.*

qu'il se transforme, sous l'action de l'alcool méthylique, en éther-oxyde méthylique du benzhydrol avec libération de bromhydrate de triméthylamine :



$$(C^6H^5)^2CH - N(CH^3)^3Br + CH^3OH = (C^6H^5)^2CH.O.CH^3 + (CH^3)^3N, HBr.$$

A vrai dire, cette transformation ne s'effectue que très lentement à la température d'ébullition de l'alcool; il faut, pour qu'elle soit complète, opérer à 100°-105°.

D'autres alcools primaires ou secondaires se comportent de même que l'alcool méthylique, engendrant ainsi divers éthers-oxydes du benzhydrol (¹).

Le bromure de triméthylbenzhydrylammonium réagit, à la température de 125° sur l'éther lactique pour donner un éther d'où l'on isole, par saponification, l'*acide benzhydryllactique* $(C^6H^5)^2CH - O - CH\langle^{CO^2H}_{CH^3}$, fusible à 131°, dont le sel de baryum cristallise avec $5(H^2O)$.

Un seul alcool tertiaire, l'alcool amylyque tertiaire, a été mis en expérience; parmi les produits obtenus, je n'ai pu mettre en évidence que le benzhydrol et son oxyde.

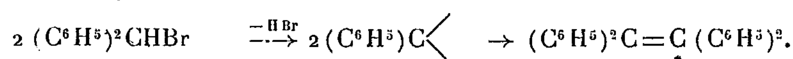
Comment peut-on se représenter le mécanisme de la transformation subie par le bromure quaternaire quand on le chauffe avec un alcool? On peut faire deux hypothèses :

1° Le bromure se dissocierait en diphénylbromométhane et triméthylamine, puis le dérivé halogéné réagirait sur l'alcool avec mise en liberté d'acide bromhydrique que fixerait immédiatement l'amine tertiaire. En fait, quand on fait réagir le diphénylbromométhane, à froid, sur une solution de triméthylamine dans l'alcool éthylique, il y a rapidement formation du bromhydrate de la base et de l'éther-oxyde éthylique du benzhydrol; on trouve à côté d'eux le produit d'addition du dérivé halogéné à l'amine tertiaire. Le diphénylbromométhane réagit à peu près pour moitié dans l'un et l'autre sens.

2° On pourrait encore supposer, conformément aux idées de Nef, que, le bromure de triméthylbenzhydrylammonium est capable de se dissocier, en perdant les éléments du bromhydrate de triméthylamine, pour engendrer le diphénylméthylène $(C^6H^5)^2C\langle$ susceptible, en fixant la molé-

(¹) L. Bourgeois, *Thèse de Doctorat de l'Université* (*Pharmacie*), Paris, 1924.

cule d'un alcool, de donner naissance à un éther-oxyde du benzhydrol. Cette hypothèse s'accorde avec le résultat que fournit la pyrogénation des dérivés monochloré et monobromé du diphénylméthane. H. Staudinger et R. Eudle, entre autres (¹), mentionnent, en effet, que ces deux combinaisons se décomposent, à la température de 250°, en donnant naissance au tétraphényléthylène :



$$2\,(C^6H^5)^2CHBr \xrightarrow{-HBr} 2\,(C^6H^5)C\Big\langle \rightarrow (C^6H^5)^2C{=}C\,(C^6H^5)^2.$$

Pour déterminer dans quelle mesure on pouvait, pour le cas présent, invoquer cette manière de voir, j'ai étudié la décomposition du bromure de triméthylbenzhydrylammonium sous l'influence de la chaleur seule; malheureusement, je n'ai pas pu mettre en évidence, parmi ses produits, le tétraphényléthylène à la formation duquel on pouvait s'attendre.

La décomposition n'est ni simple, ni régulière; elle donne bien à la formation des bromhydrates de triméthylamine et de diméthylbenzhydrylamine (tous deux accompagnés des bases libres), de tétraphényléthane et probablement de diphénylméthane; on trouve en outre une assez grande quantité de produits résineux. On ne peut donc tirer de là aucune conclusion.

GÉOLOGIE. — *Sur l'horizon des schistes hydrocarburés* à Posidonomyes *du Toarcien du Jura franc-comtois.* Note de MM. **J. Grosjean** et **M. Dosios**, présentée par M. Pierre Termier.

La présence d'hydrocarbures a été signalée dans diverses régions du Jura, notamment :

1° *Le Jura oriental.* Les hydrocarbures se rencontrent dans le Kimméridgien et l'Urgonien;

2° *L'Ain.* Trias supérieur de Vaux et Torcieu;

3° *Le Jura occidental*, comprenant la région franc-comtoise où les hydrocarbures sont en relation avec le Lias supérieur et l'Infralias. C'est la zone toarcienne que nous avons jusqu'ici plus spécialement étudiée;

4° *La Haute-Saône.* Schistes du Toarcien. L'étude de cette dernière région n'est pas encore terminée.

Les gîtes du Jura oriental sont asphaltiques (région de Mouthe). Ceux

(¹) *D. ch. G.*, t. 46, 1913, p. 1437.

de Belley sont des schistes hydrocarburés riches en soufre (utilisés pour la préparation de l'ichtyol). Ceux du Jura occidental ne fournissent que des hydrocarbures d'imprégnation.

Les schistes bitumineux du Jura franc-comtois sont contemporains de ceux de Boll et de Reutlingen et appartiennent, par conséquent, à la base du Toarcien dont le faciès est, ici, probablement bathyal; la formation des hydrocarbures y est due à la fossilisation du Plankton.

C'est dans les zones des Avant-Monts, des Plateaux occidentaux, du Vignoble, des Ondulations transversales et dans les vallées profondes des zones de plateaux, que l'on rencontre les principaux affleurements de ces schistes. Leur épaisseur est très variable, mais leur extension est considérable, puisque ces affleurements ont été constatés dans 72 communes du département du Doubs et 61 du Jura et que, dans 64 communes du Doubs et 62 du Jura, des recherches à de faibles profondeurs permettraient d'atteindre ces formations.

Elles sont constituées par des marnes très schisteuses, en feuillets minces, assez dures, ressemblant à de l'ardoise. Leur couleur est noire ou grisâtre et leur surface est quelquefois blanchâtre par suite de la production d'efflorescences alumineuses. Leur odeur est bien caractéristique; chauffées à la flamme d'un bec Bunsen, elles brûlent en donnant une flamme fuligineuse. On trouve parfois, dans ces couches, des grains de limonite, du quartz, du mica — surtout du mica blanc — et des veines d'oxyde de fer vers la partie supérieure. On observe aussi, assez fréquemment, la présence de plaquettes de bitume noir, d'un brillant caractéristique.

Les fossiles les plus répandus, communs aux gisements de Franche-Comté et à ceux du Wurtemberg, sont : *Posidonomya Bronni*, *Harpoceras serpentinum*, *Harpoceras opalinum*, *Dactylioceras commune*, *D. annulatum*, *Cœloceras commune*, *Hildoceras bifrons*, *Belemnites acuarius*, *Leda rostralis*, *Littorina duplicata*, *etc.*

L'épaisseur moyenne des couches est de 3 à 6^{m} et peut atteindre, dans les environs de Lods-Mouthier, jusqu'à 40^{m} de puissance.

Leur teneur en hydrocarbures varie, non seulement avec le gisement, mais avec la profondeur.

Leur composition chimique est assez voisine de celle des schistes du Wurtemberg; toutefois l'acide phosphorique et la potasse qu'on rencontre chez ces derniers n'existent, en général, qu'en plus faibles proportions ici.

L'analyse chimique a donné :

	Mat. vol.	C fixe.	SiO^2.	Fe^2O^3.	Al^2O^3.	CaO.	MgO.	S total.
Morre......	11,7	2	30,95	3,71	10,09	20,10	0,20	1,41
Lods.......	15,3	1,45	41	6,40	7,10	9,28	0,18	2,89
Conliège....	10,1	1,90	35,48	5,50	6,20	19,60	0,30	0,63
Salins......	6,8	2,85	31	7,30	9,40	21,28	1,26	0,59

La carbonisation des échantillons, prélevés à une faible distance de la surface du sol, a été effectuée en appliquant les principes industriels de la distillation à l'aide de la vapeur d'eau surchauffée. Les huiles obtenues sont de bonne qualité. Le rendement en huile pour les schistes du département du Doubs, est supérieur à celui des schistes du département du Jura, et l'étude de la valeur de ces huiles a donné les résultats suivants :

	Teneur pour 100 en huile lourde.	Densité à 15°.	Viscosité (degré Barbey).	S.	P. calor.
Morre...........	2 à 7,5	0,980	83,46	3,16	9949
Lods............	2 à 9	0,951	388,3	3,01	9981
Conliège.........	4 à 6,5	0,968	135,31	2,55	9926
Salins...........	2 à 4	0,969	151,38	2,38	9950

Les essais de distillation fractionnée ont été faits au moyen d'un ballon Engler, au fond duquel est resté comme résidu un coke à structure foliacée, difficile à détacher.

Ces huiles ne contiennent, en général, qu'une faible proportion d'essences ; par contre, leur teneur en huiles solaires est assez élevé (de 24 à 30 pour 100); et la proportion d'huile de graissage et de paraffine (environ 50 pour 100) permettrait l'extraction d'une proportion notable d'huiles lubréfiantes et de paraffines :

	Début de dist.	Jusqu'à 200°.	200°-300°.	300° Fin dist.	Point sec.
Morre...........	164°	5 %	24,5 %	57 %	375°
Lods............	80	18,5	27,5	45,5	380
Conliège.........	145	7	29	50	365
Salins...........	150	7,5	30	47,5	370

Les pourcentages ci-dessus s'entendent en volume. Outre ces huiles, la carbonisation nous a fourni des eaux ammoniacales dont la teneur en NH^3 est la suivante :

		$SO^4(NH^4)^2$ par tonne.
		kg
Morre	0,334 %	12,9
Lods	0,277	10,7
Conliège	0,174	6,7
Salins	0,198	7,7

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur des pluies observées parfois avec les anticyclones.* Note de M. **E.-G. Mariolopoulos**, présentée par M. Bigourdan.

Les anticyclones, comme on le sait, sont généralement associés avec un beau temps. Mais il arrive maintes fois que de faibles pluies ou des gouttes d'eau seulement tombent, même dans les régions du centre de l'anticyclone où elles sont le moins attendues. Nous allons donner à ces pluies le nom de pluies anticycloniques.

L'hiver dernier (1923-1924), nous avons eu l'occasion d'étudier plusieurs fois des exemples de pluies anticycloniques, quand les types des temps associés avec des anticyclones dominaient en France, et nous avons fait quelques remarques que nous signalerons ici.

Les pluies anticycloniques tombent plutôt près des côtes qu'à l'intérieur des continents.

Une des causes de ces pluies paraît être la suivante : pendant la saison hivernale, le continent étant, en général, plus froid que la mer, quand un anticyclone s'y repose, la différence de température entre la terre et la mer est beaucoup plus grande. S'il arrive qu'un vent marin souffle vers la côte, il provoque assez souvent une faible pluie, due au refroidissement direct de l'air.

Outre la cause ci-dessus, nous en avons remarqué encore une autre, provoquant des pluies faibles, et qui est fréquente sur les côtes françaises de la Manche. Dans plusieurs cas, les « pluies anticycloniques » y sont causées par un mélange de deux masses d'air qui se trouvent à des températures différentes. L'endroit de ce mélange est indiqué sur les cartes du temps par une discontinuité des vents et de température de l'air, qui est beaucoup plus marquée aux hautes altitudes qu'à la surface du sol. Pour démontrer ce dernier résultat, nous donnons un exemple qui a eu lieu l'hiver passé.

Le 29 janvier 1924 à 18^h, l'anticyclone atlantique couvrait presque toute l'Europe occidentale et centrale. En France, du Pas-de-Calais à la Bretagne,

la pression de l'air était partout supérieure à 770^{mm} et les tendances barométriques étaient très faibles, c'est-à-dire de 0,0 à $\pm 0,5$, sur presque toute cette région. A *Saint-Inglevert*, à *la Hague*, à *Argentan*, et à *l'île d'Ouessant*, des précipitations se produisirent. Les cartes du temps font remarquer à la surface du sol une petite discontinuité de vent. Mais à une altitude de 1000^m — carte des sondages — on observe une discontinuité très distincte des vents. En effet, il y avait à cette altitude deux courants d'air de direction différente : l'un de NNE, ou NE, et l'autre de NNW, ou NW. La température du courant NNW ou NW était plus élevée que celle du courant NNE ou NE, celui-ci était purement continental. Entre ces deux courants, on pouvait remarquer une discontinuité de température bien marquée qui courait près des stations où la pluie était tombée. Ces pluies étaient évidemment produites par le mélange de ces deux courants d'air.

En France, sur le littoral de la Manche, et à une certaine distance des côtes, nous avons observé plusieurs cas semblables cet hiver-là. Cela nous conduit donc à la conclusion qu'on doit attribuer à ce mode de condensation plusieurs « pluies anticycloniques » qui se produisent dans cette région.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la nature et les variations de l'aldéhyde contenue dans le sang.* Note[1] de M. **René Fabre**, présentée par M. Guignard.

Les premières observations relatives à la présence de produits volatils réducteurs dans les liquides de l'organisme remontent à Gaube[2], et les travaux de M. Guerbet[3], Neuberg[4], et plus récemment ceux de Stepp et de ses élèves[5], confirmèrent ces recherches. Il semble établi définitivement qu'il existe dans les distillats provenant de ces liquides, un composé aldéhydique possédant les caractères de l'acétaldéhyde. L'objet de cette Note est d'apporter quelques éclaircissements à différents points ayant trait à ce problème.

Si l'aldéhyde acétique a pu être caractérisée dans les liquides provenant de la distillation du sang par des réactions variées suivant les auteurs, on

(1) Séance du 29 décembre 1924.
(2) *C. R. Soc. biol.*, t. 4, 1892, p. 383.
(3) *Journ. de Ph. et de Ch.*, 6e série, t. 10, 1899, p. 59.
(4) *Bioch. Zeitschr.*, t. 106, 1920, p. 281.
(5) *Ibid.*, de 1921 à 1924, nombreuses Notes.

peut se demander si ce composé existe préformé dans le sang, ou s'il provient de la décomposition, sous l'action de la chaleur, de quelque autre produit. Or il est possible de vérifier la présence d'acétaldéhyde préformée de la façon suivante :

Il est essentiel, avant d'effectuer de telles recherches, de déféquer convenablement le sang. Le sous-acétate de plomb et le réactif de Patein doivent être rejetés, le premier en raison de ses impuretés, le second à cause de ses propriétés oxydantes; la défécation au tungstate de soude et à l'acide sulfurique, dans les conditions indiquées par Folin, semble bien préférable et peut être aisément pratiquée sur des quantités de sang de plusieurs litres. On obtient par centrifugation un liquide clair dans lequel la recherche de l'acétaldéhyde est effectuée plus sûrement. Si l'on maintient sous une cloche le liquide provenant de la défécation de 2 litres de sang en présence de réactif de Nessler, ainsi que le recommandent MM. Bougault et Gros (1), on constate que celui-ci se trouble rapidement; le précipité formé est constitué par la combinaison mercurique de l'acétone, provenant des corps cétoniques du sang, en même temps que des produits de réduction de sels mercuriques, dus à l'action des aldéhydes sur le réactif de Nessler. On laisse le contact se prolonger deux à trois jours à 25°, puis la combinaison mercurique de l'acétone est dissoute dans $HCl \frac{1}{4}$ et le liquide demeure trouble, par suite de l'action d'un composé réducteur volatil contenu dans le sang.

La nature de celui-ci peut être déterminée en substituant au réactif de Nessler dans l'essai précédent, 20^{cm^3} de solution aqueuse saturée de diméthylcyclohexanedione ou dimédon. La réaction du dimédon sur les aldéhydes étudiée par Vorländer, et utilisée par Stepp pour caractériser l'acétaldéhyde, se fait même en solution aqueuse, et l'on obtient des produits de condensation bien cristallisés à de très grandes dilutions. Nous avons pu, en nous plaçant dans les conditions indiquées, isoler des cristaux caractéristiques de la combinaison de l'acétaldéhyde et du dimédon fondant à 139-140°.

Il est possible d'identifier par cette dernière réaction l'aldéhyde acétique non seulement dans le sang déféqué, mais aussi dans le plasma ou le sérum recueilli aseptiquement.

Il existe donc bien dans le sang un produit réducteur volatil qui possède les caractères de l'aldéhyde acétique.

Le dosage de ce composé présente quelques difficultés, car il existe dans le sang concurremment avec des corps cétoniques. Stepp et Fricke (2) ont proposé une technique basée sur l'oxydation de l'aldéhyde par l'emploi d'une solution titrée d'azotate d'argent ammoniacal. La méthode préconisée par MM. Bougault et Gros (3) est applicable même à ces grandes dilutions, à la condition toutefois de partir de

(1) *Journ. de Ph. et de Ch.*, 7e série, t. **26**, 1922, p. 5.
(2) *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, t. **116**, 1924, p. 293.
(3) *Loc. cit.*

quantités de sang suffisamment grandes et d'opérer avec les précautions que nous indiquerons en détail dans un autre Recueil.

Les essais ont porté soit sur du sang humain, soit sur du sang de cheval, de bœuf ou de lapin. Afin d'éviter toute transformation secondaire, le sang était fixé par la chaleur en ampoules scellées dès le prélèvement, ou bien reçu directement dans une solution de tungstate, le mélange étant acidulé aussitôt à l'acide sulfurique dilué. Nous avons obtenu les résultats suivants :

	Quantité de sang mis en expérience.	Substance réductrice en milligr. d'acétaldéhyde ‰.
	cm³	
Sang de cheval........................	1000	0,61
Sang de cheval........................	2000	0,61
Sérum de cheval..............	1000	0,50
Sang de bœuf..........................	2000	0,24
Sang de bœuf..........................	2000	0,50
Sang de chien normal..................	500	0,32
Sang humain normal....................	800	0,50
Sang humain normal..................	1000	0,32
Sang humain (forte hypertension).	1000	0,81

Il était enfin intéressant de se demander quel peut être le sort de l'acétaldéhyde dans le diabète expérimental, avant et après l'action de l'insuline. Nous avons opéré sur le sang d'un chien dépancréaté par prélèvement au cœur. Les chiffres indiqués ci-dessous montrent que l'action de l'insuline fait disparaître presque totalement l'aldéhyde acétique du sang, ce qui présente un intérêt physiologique évident au point de vue de l'action de l'insuline sur le métabolisme des hydrates de carbone.

	Quantité mise en œuvre.	Glycémie.	Acétaldéhyde en milligr. ‰.
	cm³	g	
Sang de chien normal...........	500	0,870	0,32
Sang de chien dépancréaté avant l'insuline....................	250	4,880	5,02
Sang de chien dépancréaté 1 h. 1/2 après l'insuline..............	295	0,375	indosable (vu le faible prélèvement).
Sang de chien dépancréaté avant l'insuline...................	100	3,700	3,51
Sang de chien dépancréaté après l'insuline....................	100	1,500	indosable (vu le faible prélèvement).

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Fluctuations du fer sanguin au cours du scorbut expérimental.* Note de MM. **G. Mouriquand**, **A. Leulier** et **P. Michel**, présentée par M. Widal.

La clinique enseigne que le scorbut s'accompagne le plus souvent d'une anémie d'intensité moyenne, mais qui, dans certains cas, peut atteindre le type grave ou même pernicieux.

L'étude du sang au cours du scorbut expérimental, notamment celle pratiquée par Mouriquand et Bertoye ([1]) montre que cette anémie commence généralement après le vingtième jour du régime scorbutigène et tend le plus souvent à s'accentuer jusqu'à la mort.

L'introduction de jus frais (citron, orange) dans l'alimentation la fait disparaître rapidement dans les cas de scorbut humain, mais plus encore dans les cas de scorbut expérimental.

Il était intéressant de compléter ces données hématologiques en précisant par des analyses de sang successives, quelles étaient les fluctuations du fer sanguin au cours du scorbut expérimental laissé à son évolution ou guéri au cours de celle-ci.

Nos expériences ont porté sur trois lots d'animaux (au total une cinquantaine).

Les animaux sains prélevés parmi ceux qui allaient être mis en expérience ont donné les résultats suivants (moyenne de six) :

Eau par kilogramme de sang		819
Cendres	»	8,12
Fer	»	0,53

Il nous faut dire immédiatement que la teneur en eau, qui varie dans ce cas dans des limites assez étroites de 808 minimum et 835 maximum, se rapproche notablement de celle des animaux malades, car chez ceux-ci nous avons noté comme teneurs extrêmes 800 à 850. Il n'a pas été pos-

([1]) MM. Lesné, Vagliano et Christou ne signalent qu'une courte phase d'hypoglobulie au milieu de l'évolution du scorbut expérimental aigu ; dans nos cas à évolution généralement plus lente, la diminution des hématies a été pour ainsi dire constante et parallèle à l'évolution du scorbut. Une hypoglobulie caractérisée est également signalée par la plupart des auteurs (Axel, Höjer, etc.)

sible d'établir une corrélation, même approximative, non seulement entre l'hydrémie et la gravité des lésions observées mais encore avec la proportion des cendres et du fer.

Le résidu laissé par le sang après calcination au rouge sombre a varié chez les animaux au régime normal de 7,73 à 8,25. Les écarts les plus grands notés parmi les animaux en expérience ont été de 6,37 et 9,10. Là encore il n'y a pas de différences nettes pouvant permettre de tirer une conclusion dans un sens quelconque.

Pour le fer les résultats des dosages effectués à diverses périodes de la maladie sont plus intéressants.

Jusqu'au 24ᵉ jour environ, le taux du fer reste voisin de la moyenne 0,53.

En effet, pour la première série, on a noté 0,518; pour la deuxième 0,57; pour la troisième 0,55. Dans cette troisième moyenne intervient un chiffre de 0,39 qui n'a été relevé dans aucune autre des deux séries.

Au delà du 24ᵉ jour le taux du fer est constamment abaissé au-dessous de ces moyennes, et cela d'une façon plus ou moins accentuée.

Nous avons observé :

1° Pour la première série, au 31ᵉ jour, 0,27 et 0,21.

2° Pour la deuxième série, au 27ᵉ jour, 0,39 et 0,40; au 30ᵉ jour, 0,37 et 0,35; au 33ᵉ jour, 0,31.

3° Pour la troisième série, au 25ᵉ jour, 0,44.

Dans ces deux derniers lots d'animaux, on a cessé d'imposer le régime scorbutigène aux survivants et l'on a pu constater le relèvement rapide du taux de fer qui reprend sa valeur normale après une durée de 5 à 7 jours.

Dans la deuxième série en effet le chiffre de fer trouvé par kilo de sang était de 0,59 après 7 jours et de 0,51 après 11 jours.

Dans la troisième on a trouvé 0,54 après 5 jours et 0,54 après 7 jours de régime normal.

Si l'on compare les résultats des dosages avec ceux de l'hématologie, on voit que le fer s'abaisse assez parallèlement avec la courbe hématologique et remonte avec elle.

A quoi est due cette diminution des hématies et du fer? Dans une série (expériences de février 1924) cette diminution parut correspondre à l'importance des hémorrhagies, mais ce parallélisme s'est montré moins net au cours de deux autres groupes d'expériences (novembre 1923 et mai juin 1924). On ne saurait donc affirmer d'après ces résultats que l'anémie scorbutique est uniquement d'origine hémorrhagique. En tout cas cette

anémie suit assez exactement l'évolution du scorbut et la déchéance nutritive générale qu'il entraîne, et guérit avec lui.

A $16^h 10^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^h 30^m$.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de décembre 1924.

Intégraphe Predhumeau-Secrétan, par J. Predhumeau. Paris, Secrétan, 1919; 1 fasc. 23^{cm},5.

Union géodésique et géophysique internationale. Section de Sismologie. Série A : *Travaux scientifiques.* Série B : *Monographies.* Publié sous la direction de E. Rothé. Toulouse, Édouard Privat, 1924; 2 vol. 25^{cm} (Présentés par M. Ch. Lallemand.)

Traité d'électricité atmosphérique et tellurique, publié sous la direction de E. Mathias, par J. Bosler, P. Loisel, R. Dongier, Ch. Maurain, G. Girousse, R. Mesny. Paris, Presses universitaires de France, 1924; 1 vol. 25^{cm},5.

Bulletin de l'Association technique, maritime et aéronautique; n° 28, session de 1924. Paris, Chaix, 1924; 1 vol. 27^{cm}.

Bulletin de la Société des Amis des sciences naturelles de Rouen. *Notes sur les fougères,* par Henri Gadeau de Kerville. Première-cinquième notes; sixième-onzième notes. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1923, et Rouen, Lecerf fils, 1922; 2 vol. 25^{cm},5.

Livre jubilaire offert au professeur Émile Forgue, à l'occasion de sa quarantième année d'enseignement. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 vol. 28^{cm},5. (Présenté par M. Bazy.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JANVIER 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le professeur **Gorini**, de Milan, qui assiste à la séance.

MÉTÉORITES. — *La météorite de Roda.* Note de M. **A. Lacroix**.

Dans le petit groupe de météorites dépourvues de chondres et de fer métallique, la pierre tombée au printemps de 1871 à Roda (province de Huesca, en Espagne) occupe une place jusqu'ici incertaine. Son étude minéralogique détaillée n'a pas été faite et les discussions auxquelles elle a donné lieu ont été basées sur une analyse chimique incomplète de Pisani (¹). Un petit fragment de l'échantillon unique, d'une centaine de grammes, conservé au Muséum m'a servi à l'étude dont je communique les résultats à l'Académie.

La cassure de cette pierre est très caractéristique; elle montre des grains anguleux d'un silicate jaune verdâtre, translucide, réunis d'une façon très lâche par des débris blanchâtres plus petits. Un seul grain de plagioclase a été observé à l'œil nu. La croûte est noire, terne et bulleuse.

L'examen microscopique fait voir que le silicate prédominant est l'hyper-

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 89, 1874, p. 1507. Cf. aussi Daubrée, *Ibid.*, p. 1509. Ce que Daubrée a pris pour un verre bulleux moulant l'hypersthène est constitué par la résine employée pour donner à la roche la cohésion indispensable à la confection d'une lame mince.

sthène, incolore en lames minces, renfermant des inclusions microperthitiques très fines d'un pyroxène monoclinique (diopside-hypersthène) dont les longues aiguilles parallèles, toujours indépendantes les unes des autres, ne présentent pas une orientation optique uniforme dans un même hôte d'hypersthène; elles sont orientées suivant l'une ou l'autre des deux positions des individus constituant une macle suivant $h^1(100)$; c'est là un fait assez rare que j'ai cependant observé déjà dans les microperthites de quelques dolérites terrestres.

Certaines des plaques minces taillées dans cette météorite ne renferment presque que de l'hypersthène, alors que d'autres sont fort riches en olivine; la bytownite est très peu abondante, elle est maclée suivant les lois de l'albite et de la péricline. Il existe enfin des traces de pyrrhotite et de chromite.

La structure est bréchiforme; tous les minéraux sont brisés et leurs fragments sont anguleux, comme si la roche avait été concassée sur place; les petits débris ne diffèrent des gros que par leurs dimensions. Il semble que la roche originelle ait été grenue, à très gros grain, ce qui expliquerait l'hétérogénéité dont il vient d'être question, les portions constituées par un seul minéral, hypersthène ou péridot, résultant de l'écrasement d'un gros cristal de l'un ou de l'autre de ces minéraux.

De cette description et de l'analyse chimique donnée plus loin, il résulte que la météorite de Roda ne diffère minéralogiquement et chimiquement des harzburgites terrestres que par une teneur plus élevée en fer; c'est là, du reste, une remarque qui est commune à la plupart des aérolithes holomélanocrates ([1]), quand on les compare aux roches similaires de notre globe. Une autre comparaison s'impose, avec l'hypersthénite d'Arvieu (Aveyron) dont, il y a quelques années, j'ai publié l'analyse (analyse 3). Si l'on met de côté la teneur un peu supérieure en alumine et en chaux de celle-ci, particularité sans grande importance, on voit que les deux roches ne diffèrent guère que par le degré d'oxydation du fer. Alors que celui-ci se rencontre uniquement à l'état ferreux dans la météorite, il existe, en partie, à l'état ferrique dans la roche terrestre; cette différence d'oxydation a entraîné des conséquences minéralogiques importantes; dans l'hypersthénite, il s'est produit de la magnétite; par suite, la quantité de fer et de magnésie est devenue sensi-

---

([1]) Il faut en excepter l'*aubrite* (Aubrite, Bustee, Bishopville) qui, elle, au contraire, est formée essentiellement d'enstatite à peu près complètement dépourvue de fer, et par suite plus magnésienne que toutes les enstatites terrestres connues.

blement celle nécessaire pour former un métasilicate avec la silice et il ne s'est pas produit d'orthosilicates, comme dans la pierre de Roda, où la totalité du fer est combinée à la silice. C'est là une manifestation — par ailleurs bien mise en évidence par la discussion de la composition chimique et minéralogique des chondrites renfermant du fer métallique — du rôle capital que joue la teneur en oxygène dans le déterminisme de la composition minéralogique des météorites.

Analyses. — Météorite de Roda 1. (M. Raoult). — 2. *Ibid.* (Pisani) — 3. *Hypersthénite* (Arvieu, M. Raoult). — *Diogénites.* 4. Shalka (von Foullon). — 5. Manegaon (Maskelyne). — 6. *Howardite*, le Teilleul (M. Raoult).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SiO^2	50,38	51,51	49,90	52,51	53,63	48,14
Al^2O^3	2,86	2,30	3,35	0,66	»	11,88
Fe^2O^3	»	»	7,23	»	»	2,35
FeO	14,91	17,04	8,15	16,81	20,48	14,60
MgO	27,10	26,61	26,64	28,35	23,32	13,93
CaO	1,42	2,31	3,10	0,89	1,40	7,88
Na^2O	0,38	0,80 (Na²O + K²O)	0,40	0,22	»	0,22
K^2O	0,31		0,15	»	»	0,24
TiO^2	»	»	0,60	»	»	0,19
P^2O^5	0,04	»	tr.	»	»	0,17
H^2O (—)	0,33	»	0,36	»	»	0,16
» (—)	0,17	»	»	»	»	0,06
MnO	0,22	»	0,18	»	»	0,22
Cr^2O^3	0,64	0,34	»	1,25	1,03 (1)	»
Fe	1,10	»	»	»	»	0,17
S	0,63	0,40	0,39	0,39	»	0,10
	100,49	101,31	100,45	101,08	99,86	100,31

L'attaque directe de la météorite de Roda donne pour l'olivine le rapport MgO : FeO = 3,3, d'où l'on déduit la valeur 3 pour le même rapport dans l'hypersthène. La composition minéralogique calculée est :

Or	1,67	10,09	Felsdpaths
Ab	3,14		
An	5,28		
$CaSiO^3$	0,70	64,73	Hypersthène
$MgSiO^3$	47,00		
$FeSiO^3$	17,03		
Mg^2SiO^4	14,42	22,38	Olivine
Fe^2SiO^4	7,96		
$FeCr^2O^4$		0,90	Chromite
FeS		1,73	Pyrrhotite

Le plagioclase calculé renferme 52 à 63 pour 100 d'anorthite, suivant que l'on fait

(1) Chromite.

intervenir ou non l'orthose dans le calcul; ces valeurs sont trop faibles, vis-à-vis de la réalité, car la densité mesurée, 2,73, indique une bytownite plus calcique; mais, eu égard à la petite quantité d'alcalis pesée, il ne faut pas attacher d'importance à cette différence.

Il y a lieu, en terminant, de discuter la place que la météorite de Roda doit occuper dans la systématique, des opinions contradictoires ayant été émises à ce sujet : se basant sur la probabilité de l'existence de plagioclases, M. Brezina, tout en rangeant cette pierre sous le nom de *rodite*, à la suite de l'amphotérite, s'est demandé si elle n'était pas une howardite, pauvre en augite. Une semblable hypothèse n'est pas admissible, les howardites, en effet, sont des norites extraterrestres, déformées par actions mécaniques de la même façon que la roche de Roda, mais le plagioclase y joue un rôle essentiel; dans celle tombée au Teilleuil (Manche), en 1865, et dont l'analyse est donnée ci-dessus (analyse 6), un plagioclase à 95 pour 100 d'An forme 34 pour 100 de la roche; d'ailleurs on vient de voir que la rodite ne renferme pas d'augite.

M. Stanislas Meunier a admis l'identité de la météorite de Roda et de celle de Shalka, mais il a admis, en outre, à la suite de G. Rose et de Rammelsberg, une composition minéralogique inexacte pour cette dernière, olivine et hypersthène, alors qu'en réalité, comme Maskelyne l'a montré le premier, cette pierre ne contient que de l'hypersthène et de la chromite.

Les trois météorites de Shalka, de Manegaon et d'Ibbenbühren sont à réunir dans le type *diogénite* de M. Tschermak. La différence de composition minéralogique qu'elles présentent avec la roche de Roda est une conséquence de ce que, à l'inverse de ce qui a lieu dans celle-ci, où la teneur en silice est insuffisante pour constituer uniquement des métasilicates avec le fer et la magnésie, la proportion de silice est plus grande qu'il ne faut pour donner naissance à ces minéraux; il existe même un petit excès de silice qui n'est que de 2,1 pour 100 dans l'analyse de la météorite de Shalka reproduite plus haut, mais atteint 9,5 pour 100 dans celle de Manegaon; cette dernière renferme probablement de la tridymite, d'après une ancienne observation de M. Tschermak ([1]).

([1]) M. Tschermak a vu dans cette météorite, dont je n'ai pas eu d'échantillon entre les mains, un minéral maclé qu'il a attribué avec doute à la tridymite ou à un plagioclase (*Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten*, 1885, p. 10). Si l'analyse donnée par Maskelyne est exacte, il ne peut s'agir de plagioclase, puisque cette analyse ne comporte pas d'alumine. On voit par la comparaison des analyses données plus haut que la roche de Roda se distingue encore des diogénites par sa teneur notable en alumine.

Je ferai remarquer, en passant, que la structure de la pierre de Roda, telle qu'elle a été décrite plus haut, diffère de celle des diogénites. Dans un échantillon de Shalka, que je dois au Service géologique de l'Inde, les grandes plages d'hypersthène sont brisées, tordues, traversées par des veinules à structure cataclastique, alors que dans d'autres points s'observe une structure uniformément cataclastique, mais à éléments plus ou moins fins, avec trace de laminage, phénomène extrêmement rare dans les météorites. Il s'agit là incontestablement d'une déformation structurale d'origine tectonique, alors que celle de la météorite de Roda semble plutôt due à l'action de chocs ou d'explosions.

A tous égards, la roche de Roda doit donc être distinguée des diogénites. Reste la comparaison avec l'amphotérite. Ce type lithologique est réalisé par les aérolites de Manbhoom et de Jelica. Il est singulier que les spécialistes de l'étude des météorites aient rangé l'amphotérite parmi les achondrites, tout en y décrivant les chondres très caractéristiques qu'ils renferment : il faut remarquer, en outre, que leur feldspath n'est point la bytownite, mais l'oligoclase. L'amphotérite me paraît représenter l'aboutissant, extrêmement pauvre en fer métallique très nickelifère, de la série des chondrites à hypersthène et olivine dont elle ne doit pas être séparée.

Pour toutes ces raisons, il est légitime de considérer la météorite de Roda comme constituant un type distinct d'achondrites, auquel peut être maintenu le nom de *rodite*.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'hérédité des caractères acquis constatée par le déplacement de l'optimum thermique.* Note (¹) de MM. **Charles Richet, Eudoxie Bachrach** et **Henry Cardot.**

I. L'hérédité des caractères acquis est un des problèmes les plus graves de la biologie générale. On ne peut trop multiplier et varier les recherches qui l'établissent ou l'infirment.

Nous avons, par une série d'expériences nouvelles, pu démontrer cette hérédité des caractères acquis; autrement dit la formation d'une espèce différente de l'espèce primitive.

A cet effet, nous avons étudié l'influence de la température sur des souches de bactéries lactiques dérivant toutes de la même origine, mais ayant subi une intoxication prolongée pendant de nombreuses générations.

(¹) Séance du 5 janvier 1925.

Nous avons utilisé pour cela le bloc à série de températures constantes (1), qui permet de déterminer simplement et rapidement l'optimum thermique d'une fermentation.

L'influence de la température sur nos fermentations lactiques fut évaluée, soit en dosant l'acidité, soit en appréciant au néphélémètre la densité de la population microbienne. Ces deux procédés donnent en général des résultrès concordants; ce qui prouve que la multiplication microbienne et l'activité biochimique varient parallèlement.

II. Quand on détermine l'action de la température sur une souche normale, cultivée en son milieu habituel, on obtient, soit par l'acidimétrie, soit par la néphélémétrie, une courbe de forme caractéristique, avec un maximum correspondant à la température habituelle de culture pour cette souche, soit 36°-37°.

Or nous avons vu que la forme de cette courbe et la position du maximum se modifient, lorsque la souche a subi l'action prolongée d'un toxique.

Parmi nos nombreuses expériences nous ne donnerons ici que celles qui sont relatives au KCl.

III. Nous avons d'abord déterminé l'influence de la température comparativement sur une souche témoin et sur une souche de même origine, mais cultivée depuis 3 ans, toutes choses égales d'ailleurs, en présence d'une forte dose de KCl (30g à 34g par litre).

Ces deux souches, ensemencées sur milieu à KCl (30 pour 1000), développent aux différentes températures les acidités suivantes, en 48 heures pour la souche témoin, en 24 heures pour la souche potassique (2).

Souche témoin.		Souche potassique.	
Température.	Acidité.	Température.	Acidité.
24°	0,4	24°,8	2
29	1,1	33	2,8
32,5	2,4	34,8	4,8
34,1	2,8	36,2	5,6
36,1	2,8	40	9,2
38	0	42,5	9,6
42,5	0	45	3,2

(1) Cardot, Laugier et Legendre, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 81.

(2) Si nous dosons l'acidité de la souche témoin au bout de 48 heures, alors que nous dosons celle de la souche potassique au bout de 24 heures, c'est que, comme nous l'avons abondamment montré dans des communications antérieures, la souche qui a vécu sur un milieu riche en KCl s'est accoutumée au KCl. Les chiffres d'acidité que nous donnons représentent des centimètres cubes de KOH, au millième, pour 10cm3 du liquide de culture.

Il y a donc pour la souche accoutumée à KCl *depuis* 3 *ans une élévation très notable de la température optimum qui est maintenant voisine de* 42°. *Au contraire, la souche témoin, en présence de la même dose de sel, ne montre pas un optimum essentiellement différent de celui qu'elle présente sur milieu normal non potassique, à savoir toujours au voisinage de* 36°.

IV. — Les mêmes souches, ensemencées toutes deux sur milieu témoin,

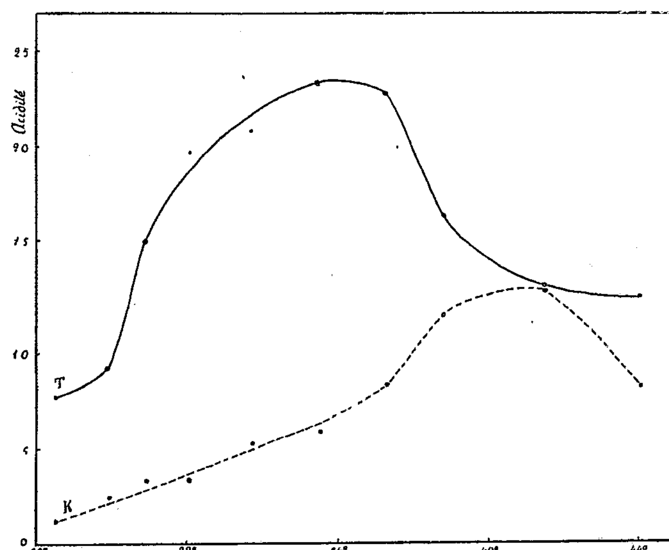


Fig. 1. — Acidité produite en fonction de la température par un ferment témoin (T) et par un ferment accoutumé à KCl (K) sur milieu témoin peptoné et lactosé.

conservent l'une et l'autre leur optimum respectif, c'est-à-dire 34°-36° pour la souche témoin, 40°-41° pour la souche potassique.

17h de fermentation aux températures de :	Acidité (*fig.* 1).		Opacité.	
	Souche témoin.	Souche potassique.	Souche témoin.	Souche potassique.
28°,5	7,8	1,2	10	3,9
29,9	9,3	2,5	16,4	4,2
30,9	16,2	3,4	20,4	4,8
32,0	20,8	3,4	24,3	6
33,7	21,8	5,3	25,6	6,8
35,5	24,6	5,9	22,6	7,2
37,3	24,0	8,4	22,1	7,3
38,8	17,4	12,1	17,2	8,3
41,5	13,7	13,4	11,3	8,2
44,0	13,1	8,2	8,4	6,6

Il y a là un fait bien imprévu sur lequel nous appelons l'attention des biologistes : le ferment accoutumé au KCl possède un optimum thermique qui est de 5° à 6° plus haut que celui du ferment non accoutumé.

Ainsi la culture prolongée, en présence d'une forte dose de KCl, *en même temps qu'elle développe l'accoutumance au toxique, modifie profondément l'optimum thermique.*

V. Ce déplacement de l'optimum thermique sous l'influence du chlorure de potassium peut encore être constaté *après une courte durée de culture sur le milieu toxique.*

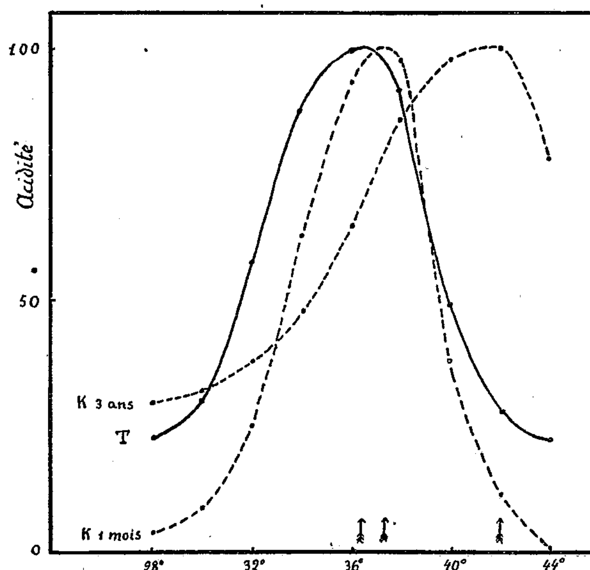


Fig. 2. — Optima de température :

1° Pour une souche témoin T; 2° Pour des souches accoutumées à KCl depuis 1 mois ou depuis 3 ans.

Nous ne donnerons ici que les moyennes d'expériences (d'ailleurs très cohérentes). Nous pouvons ainsi comparer et faire rentrer dans un même calcul de moyennes des expériences où les croîts ont été fort dissemblables.

Sans entrer dans le détail, nous les résumons dans le tableau qui suit et dans les figures 2 et 3. Chacun des nombres du tableau représente la moyenne d'une dizaine d'expériences.

Température.	Souche témoin sur milieu témoin. Acidité.	Opacité.	Souche potassique de 1 mois sur milieu témoin. Acidité.	Souche potassique de 3 ans sur milieu témoin. Acidité.
28°	22	36,5	3,5	30
30	30	48	9	31,5
32	58	78	25	38
34	85,5	89,5	62,5	48,5
36	99,5	98,5	92,5	64,5
38	91,5	91	97	85
40	50	54	38	98
42	28	30	11	99
44	22	12,5	0	77

Température.	Souche témoin sur K Cl à 30 pour 1000. Acidité.	Opacité.	Souche potassique de 1 mois sur K Cl à 30 pour 1000. Acidité.	Opacité.	Souche potassique de 3 ans sur K Cl à 30 pour 1000. Acidité.	Opacité.
24°	15	"	"	"	20	"
28	19	14	0	6,5	25	46,5
30	27	18,5	7	13,5	28	50,5
32	54	37	29	26,5	32,5	70,5
34	85,5	68	66	53	39,5	82
36	100	97	90	89,5	38	88,5
38	92,5	82	100	100	80	95
40	49	45,5	90,5	51	95	100
42	25,5	24,5	59	25,5	100	95
44	7,5	12	23	13	67,5	79

Ainsi les deux séries de mesures, acidimétriques et néphélémétriques nous conduisent aux mêmes conclusions :

1° *Une forte dose de chlorure de potassium n'a pas, au bout de quelques jours, d'effet appréciable sur l'activité d'un bacille lactique normal en fonction de la température;* l'optimum thermique d'abord reste sur le milieu potassique le même que sur milieu témoin. Il coïncide avec la température de l'étuve dans laquelle on cultive habituellement la souche.

2° *Lorsque l'action du toxique se prolonge, au cours des générations successives, il se produit une lente et graduelle modification des réactions du bacille vis-à-vis de la température.*

3° *La température optimum pour les cultures potassiques se fixe, après une*

culture prolongée en présence du toxique, à 6° au-dessus de la température à laquelle les souches sont cultivées.

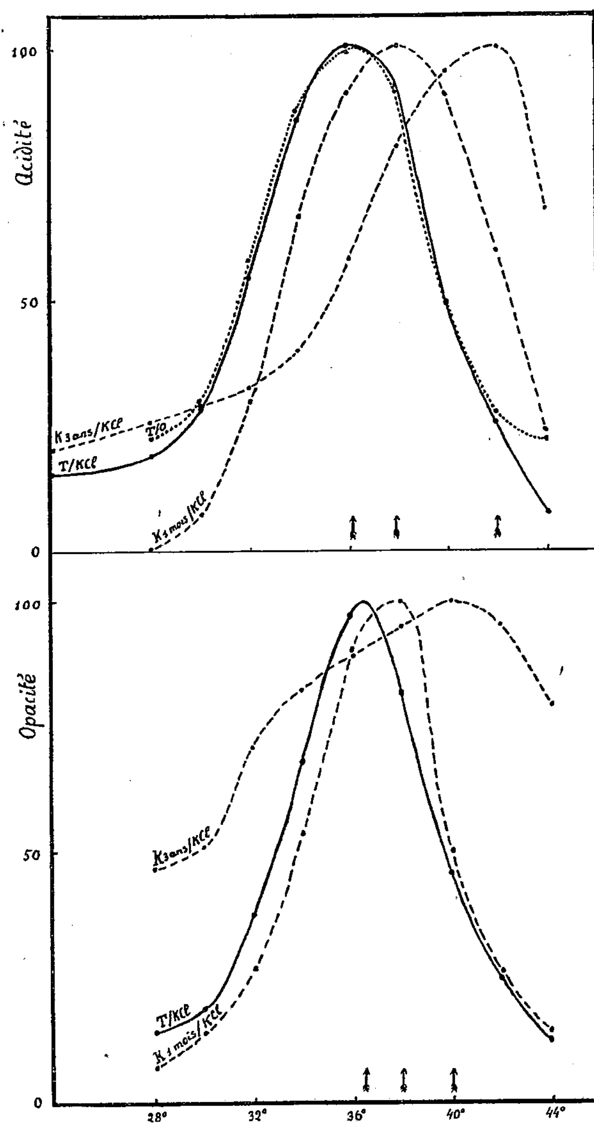


Fig. 3. — Optima de température de la souche témoin et des souches accoutumées depuis 1 mois ou 3 ans à KCl.

Une souche potassique ainsi modifiée, remise sur milieu témoin, y conserve son optimum thermique élevé. De même elle conserve sa résistance accrue vis-

à-vis du toxique. Il s'agit donc d'acquisitions héréditaires qui subsistent dans les générations successives, après suppression du facteur causal.

Ces faits nous indiquent une fois de plus l'extrême complexité des réactions de la cellule vivante. Ils montrent aussi — ce qui, peut-être, n'est pas sans importance pratique — la possibilité d'obtenir, à partir d'un même ferment figuré, des races caractérisées par des optima thermiques notablement différents.

HYDRAULIQUE. — *Sur les barrages déversoirs.*
Note de MM. **C. Camichel**, **L. Escande** et **M. Ricaud**.

Cette Note a pour objet l'étude sur modèles réduits de quelques questions concernant les barrages déversoirs (¹).

Les expériences décrites ont été faites à l'instigation de M. l'ingénieur en chef Godard, pour étudier l'effet de crues pouvant atteindre 3500^{m^3} par seconde, sur un barrage de 25^m de hauteur, qu'on va construire sur le Tarn. Ce barrage ABCD est suivi d'une cuvette DE terminée à l'aval par un redan EF (voir *fig.* 1).

Les deux modèles ayant servi aux expériences sont entre eux dans le rapport 6,18; le plus grand qui correspond à une réduction du barrage réel dans le rapport $\frac{1}{48,5}$ débitait 150 l/sec sous une charge de $20^{cm},5$ dans un canal de 80^{cm} de largeur.

Forme de la surface libre. — Limitant notre étude au plan de symétrie, nous avons comparé la forme des surfaces libres de l'eau dans les deux modèles et constaté leur similitude géométrique.

Vitesses. — Nous avons déterminé par la chronophotographie la répartition des vitesses V en fonction des distances au seuil *d*, le long de la verticale *ab*, sur le seuil du petit barrage; V′, *d*′ désignent les quantités homologues du grand modèle ramenées aux dimensions du petit modèle; le tableau suivant montre la vérification de la loi de Rech-Froude :

d ou *d*′ mm.	V cm : sec.	V′ cm : sec.
4,1	63,8	64,5
8,0	59,0	59,0
12,2	55,0	56,5
16,5	50,0	49,0
19,7	47,0	44,0

(¹) Voir L. Escande et M. Ricaud, *Comptes rendus*, t. 176, 1924, p. 1516.

Les modèles réduits employés ont permis d'étudier la dépense d'énergie qui se produit à l'aval du barrage et l'efficacité de la cuvette et du redan en vue de la protection des portions de la rivière située à l'aval.

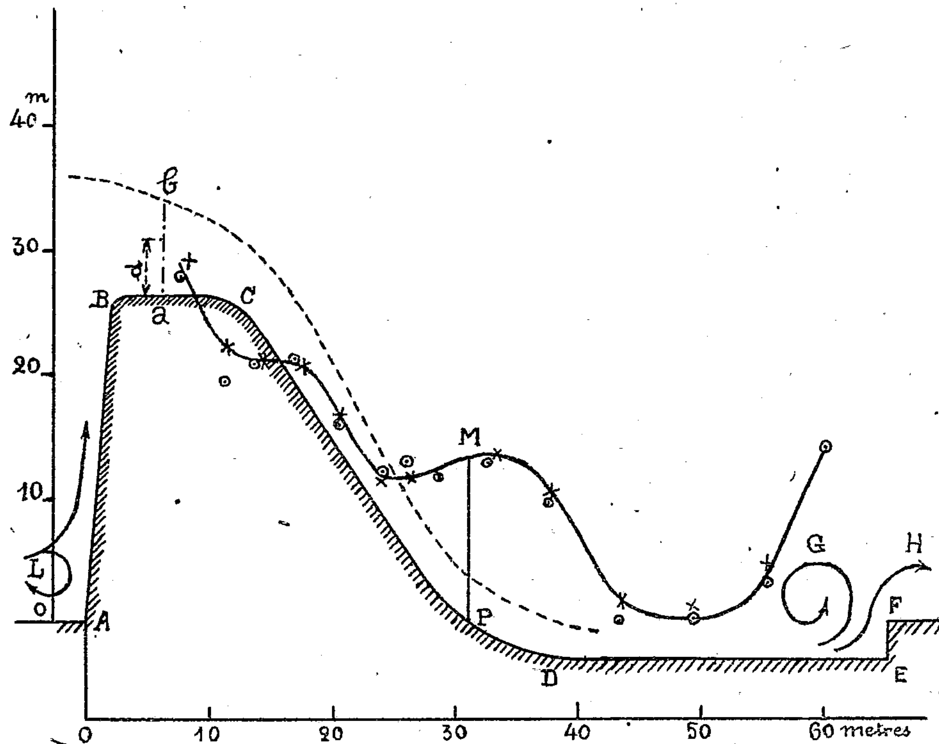


Fig. 1. — *Répartition des pressions à la surface d'un barrage.*

A B C D E F, profil du barrage; ×, petit modèle; ⊙, grand modèle. En chaque point P du barrage on porte une ordonnée PM représentant en mètres d'eau la pression correspondante. La ligne pointillée représente la surface libre de l'eau.

L'eau arrive dans la cuvette en P avec une vitesse de l'ordre de 25 m : sec dans le modèle réel; le régime change alors et devient turbulent. La vitesse de l'eau le long du fond diminue jusqu'au voisinage de E, où elle peut tomber à 10 m : sec. La loi de similitude s'applique encore à cette répartition des vitesses.

Au voisinage du redan EF, on observe un double mouvement de l'eau comprenant un mouvement giratoire dans le sens de la flèche G et un mouvement suivant H dans la direction générale de l'écoulement.

Répartition des pressions à la surface du barrage. — Nous avons vérifié la similitude de la répartition des pressions le long du barrage; la courbe

obtenue montre l'existence d'une dépression à la partie supérieure (C) du barrage et d'une surpression à la partie inférieure (P). Ces variations de pression, dues à la courbure des filets, peuvent se calculer en appliquant le théorème des quantités de mouvement.

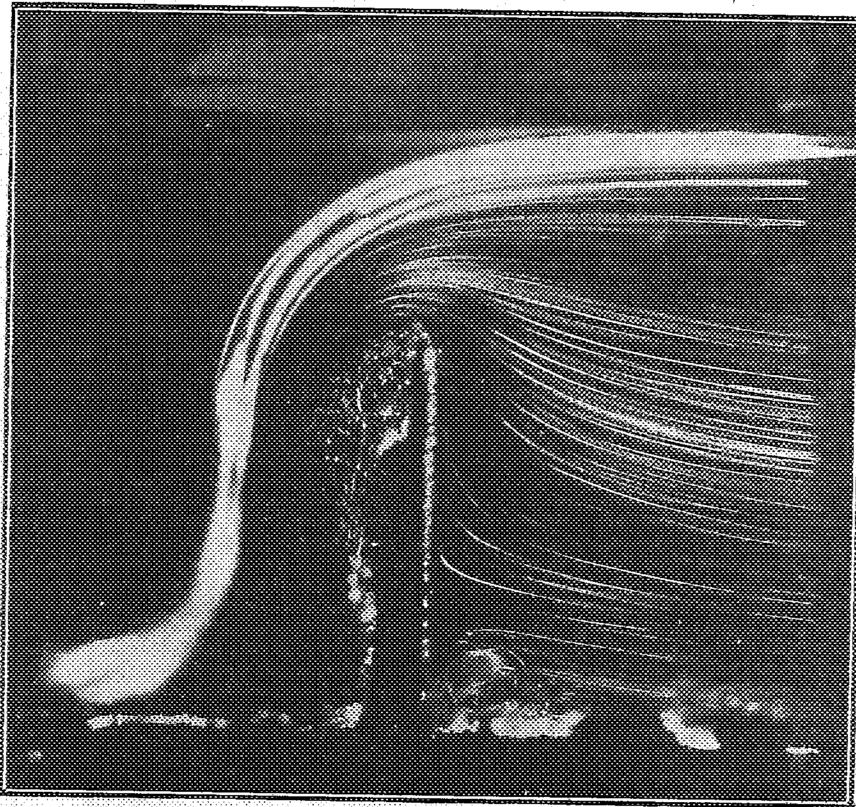


Fig. 2. — *Répartition des pressions à la surface d'un barrage.*

Photographie montrant qu'au contact du parement amont les filets se séparent : une partie continue vers le haut pour participer à l'écoulement général, l'autre partie se dirige vers le fond et provoque un mouvement giratoire à axe horizontal.

En mettant la surface du barrage en communication avec l'atmosphère, une couche d'air se maintient entre le barrage et la veine liquide dans toute la région où règne la dépression et même jusqu'au voisinage du point P. Cette remarque peut être utilisée pour la protection des barrages.

Affouillements. — En étudiant la forme des filets liquides, nous avons constaté qu'il n'existe pas de zone d'eau morte à l'amont du barrage. Au contact du parement amont, les filets se séparent : une partie continue vers

le haut pour participer à l'écoulement général, l'autre partie se dirige vers le fond et provoque un mouvement giratoire à axe horizontal L (¹).

Ce tourbillon agit comme une véritable fraiseuse et creuse la partie la plus friable; son action est d'autant plus redoutable que sa vitesse de rotation est plus grande. Les mouvements peuvent d'ailleurs être très lents et ne point empêcher le dépôt des alluvions en amont du barrage, cas qui se rencontre très fréquemment. Cette remarque concernant le mécanisme des affouillements est générale et s'applique à n'importe quel obstacle; si celui-ci n'occupe qu'une partie de la largeur du canal, le mouvement de rotation de l'eau se compose avec le mouvement de translation le long de la surface de discontinuité et le creusement se continue le long de cette ligne. Nous l'avons constaté en plaçant dans un canal en verre des obstacles divers (graviers, bouts de fer) déposés sur un fond de sable.

Des phénomènes analogues se produisent au voisinage des piles de pont, et autour des rivets et des boulons, dans les directrices des turbines et les conduites forcées.

MYCOLOGIE. — *Classification normale, classement auxiliaire et groupement pratique des Champignons.* Note de M. Paul Vuillemin.

La classification normale qui trouve son point d'appui le plus solide dans l'appareil reproducteur n'est pas applicable aux nombreux Champignons où cet appareil est inconnu. Pour les déterminer on a recours à un classement auxiliaire basé sur les appareils de propagation asexuée.

La concordance des deux sortes d'appareils est remarquable chez les Phycomycètes, où les Oosporées sont Zoosporées, où les Zygosporées sont Cystosporées. La concordance est moins habituelle chez les Eumycètes où l'on trouve des appareils sporifères semblables chez des Basidiomycètes et des Ascomycètes, différents dans les espèces d'un même genre. Il est donc illégitime de conclure de la ressemblance des appareils propagateurs à l'affinité démontrée par les appareils reproducteurs.

Le classement auxiliaire des Eumycètes est indépendant de la classification normale basée sur la reproduction. Avec l'appareil propagateur on a établi des classes, ordres, familles, tribus, genres, espèces, dont la

(¹) La photographie a été faite en employant un déversoir à mince paroi; mais le phénomène reste le même que dans le barrage à seuil épais.

concordance avec les catégories de la classification normale est trop souvent admise d'après des présomptions suggérées par des analogies trompeuses ou des hypothèses hasardeuses.

Les organes de propagation des Eumycètes sont les conidies, les hémispores, les thallospores, sur lesquelles sont fondées trois classes, Conidiosporées, Hémisporées, Thallosporées. Cette dernière est divisée en deux ordres, Blastosporées et Arthrosporées, selon que les thallospores sont des globules bourgeonnants (blastospores) ou des articles ayant d'abord fait partie du mycélium (arthrospores). Les Arthrosporées réunissent les espèces où l'on ne connaît pas d'autre organe de propagation que les arthrospores.

Je m'arrêterai à cet ordre dont la connaissance importe à la pratique non moins qu'à la science.

Les filaments mycéliens des Arthrosporées sont, tantôt des hyphes typiques, tantôt des microsiphons. D'après ce caractère, l'ordre se divise en deux familles : Mycodermacées, Nocardiacées. Bornons-nous à la première.

Le mycélium des Mycodermacées est le plus souvent hyalin et de tons clairs comme celui de la plupart des moisissures; c'est l'aspect mucédinien; il est parfois opaque et sombre (aspect dématien).

Les arthrospores sont variées. Dans certains cas, les articles gardent, après leur isolement, les parois perméables et l'activité végétative du mycélium; ou bien leur organisation en chlamydospores par l'épaississement de la membrane et l'accumulation de réserves reste un accident lié à une gêne de la végétation; les chlamydospores apparaissent sans ordre défini.

Des chlamydospores accidentelles j'ai distingué les aleuries, dont la position, la couleur, la forme, la structure, les dimensions, atteignent dans quelques espèces le même degré de constance que celui des conidies. Leur support prend même parfois les caractères d'un sporophore simple ou compliqué.

Les aleuries se distinguent des conidies parce que, de même que les autres arthrospores, elles ont d'abord fait partie du mycélium et que, malgré toute la différenciation atteinte au cours du développement, elles ne se détachent pas par une déhiscence naturelle comme celle qui prépare dès leur naissance la chute des conidies. Elles sont libérées par rupture ou affaissement du support auquel elles survivent; alors la surface du mycélium épuisé est saupoudrée comme d'une efflorescence farineuse (ἄλευρον, farine).

La famille des Mycodermacées est divisée en deux tribus, Mycodermées,

Aleurismées. La première qui n'a que des arthrospores de même structure que les hyphes ou des chlamydospores banales a pour type le genre *Mycoderma* Desmazières; la seconde, pourvue d'aleuries, a pour type le genre *Aleurisma* Link 1809.

Chaque tribu renferme des genres définis depuis longtemps. Nous donnons une clef dichotomique permettant de les distinguer.

1° *Tribu des Mycodermées.*

I. Aspect mucédinien	*Mycoderma* Desmazières.
II. Aspect dématien :	
a. Chlamydospores sombres................	*Torula* Persoon.
b. Arthrospores hyalines sortant en files d'articles dématiens	*Chalara* Corda

2° *Tribu des Aleurismées.*

I Aspect mucédinien. Aleuries entières ou septées :	
a. Entières : *α*. Pas de sporophores.........	*Aleurisma* Link.
» *β*. Sporophores compliqués.,..	*Corethropsis* Corda.
b. Septées..................................	*Fusoma* Corda.
II. Aspect dématien. Aleuries extérieurement indivises :	
a. Contenu entier. Surface lisse. Sporophore inconstant..........................	*Glenospora* Berkeley et Curtis.
b. Contenu contracté en une masse unique ou fractionnée. Membrane grenue. Pas de sporophore..........	*Bargellinia* Borzi.

Les noms de genres créés depuis pour divers parasites de l'homme sont synonymes des précédents. En voici des exemples :

Mycoderma. — Syn. : *Lepidophyton* Gedoelst, *Endodermophyton* Castellani, *Coccidioides* Rixford et Gilchrist, *Posadasia* Canton, *Arthrosporia* Grigoraki.

Torula. — Syn. : *Foxia* Castellani.

Aleurisma. — Syn. : *Aleurophora* de Magalhaes, *Aleurosporia* Grigoraki.

Fusoma. — Syn. : *Epidermophyton* Lang, *Fusariopsis* Horta, *Closterosporia* Grigoraki et *Closteroaleurosporia* Grigoraki.

La détermination des genres et même des tribus exige de longues cultures. Le diagnostic n'admet pas de délai. On peut, sinon le préciser, du moins le circonscrire en groupant les parasites de la famille des Mycodermacées d'après les caractères des hyphes, qui sont les agents directs des mycoses et leurs rapports avec les tissus. Sur cette base les praticiens ont depuis longtemps séparé, pour le plus grand profit des malades, des Eumycodermacées, dont le mycélium est dispersé dans l'organisme de l'hôte, les Trichophytées

et les Madurellées. Les genres pathogéniques *Achorion*, *Trichophyton*, *Microsporon*, *Trichosporon* parmi les Trichophytées, *Madurella* dans les Madurellées, définis à l'usage des médecins, ne sont pas de la compétence des botanistes.

La distinction du point de vue médical et du point de vue botanique suffit à dissiper le malentendu qui livre la nomenclature aux bouleversements les plus stériles, en supprimant les genres créés pour la commodité des praticiens pour en répartir les débris sous de nouveaux noms dans les cadres de la classification botanique.

Matruchot avait fait de vains efforts pour rattacher les Trichophytées aux Gymnoascées. Dans les milieux ensemencés avec une teigne du Chien avec M. Dassonville, il obtint des périthèces d'une Gymnoascée qui fut nommée *Eidamella spinosa*. Je ne lui trouve pas de différence avec le *Gymnoascus setosus*. Bien qu'il y ait toute vraisemblance que la semence provienne de la peau du Chien, il n'est pas prouvé qu'elle appartienne au parasite.

Un soupçon de périthèces conduisit MM. Ota et Langeron à créer un genre *Ateleothylax* qu'il plaît à M. Grigoraki de rebaptiser du nom de *Matruchotiella*, en ajoutant un genre *Spiralia* fondé sur des filaments enroulés, considérés complaisamment comme des vestiges de fructification. M. Grigoraki n'abandonne aux Arthrosporées que le genre *Arthrosporia*, synonyme de *Mycoderma*. Les autres Dermatophytes forment le groupe des Atélogymnoascées.

MM. Ota et Langeron bannissent les Trichophytées. S'ils gardent un genre *Trichophyton*, c'est en changeant la diagnose. Ils admettent bien la distinction entre les aleuries et les conidies. Toutefois ils estiment que les aleuries ont une parenté plus proche avec les conidies qu'avec les arthrospores banales. En conséquence ils établissent dans la famille des Conidiosporés une sous-famille des Clostérosporées qui recueille la plupart des ci-devant Trichophytées. Les Clostérosporées font double emploi avec les Mycodermacées; on y range le genre *Endodermophyton*, synonyme de *Mycoderma* et de nombreuses Aleurismées depuis longtemps nommées. Je ne m'arrêterai pas aux nouveaux genres *Sabouraudites* (avec ses sous-genres *Aleurocloster*, *Closteramma*, *Aleuramma*), *Bodinia*, *Grubyella*. Je me range pleinement à l'appréciation de M. Sabouraud. Ces nouveaux genres perdent l'utilité pratique des genres médicaux sans être moins artificiels puisqu'ils reposent sur des caractères observés dans un milieu choisi arbitrairement, M. Sabouraud le sait mieux que personne, puisqu'il s'agit de son propre

milieu d'épreuve qui rend tant de services aux médecins sans être le milieu le plus favorable à l'épanouissement complet des caractères botaniques.

Il est nécessaire de séparer les groupements pratiques de la classification botanique. Les anciennes nomenclatures suffisent encore à nos besoins. L'introduction de néologismes est rarement justifiée.

M. **Ch. Lallemand** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Discursos leidos en la solemne inauguracion de la segunda Asamblea general de la Unión geodésica y géofisica internacional el dia* 1° *de Octubre de* 1924.

Parmi ces trois discours, en langue espagnole, figure celui qu'il a lui-même prononcé, comme Président de la Conférence, et où se trouvent rappelés les éminents services rendus, dans le passé, par l'Espagne à la connaissance de la figure de la Terre, tant par les grands voyages de circumnavigation de Christophe Colomb et de Sebastian Elcano que par la jonction des réseaux européen et africain de triangulation géodésique, à travers la Méditerranée, au voisinage du détroit de Gibraltar, effectuée par elle en collaboration avec la France.

M. **A. Haller** fait hommage à l'Académie d'une *Notice biographique sur A. de Gramont*.

PLIS CACHETÉS.

Mme Vve **Pierrel** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 24 mars 1924 et enregistré sous le n° 9346.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une brochure imprimée.

CORRESPONDANCE.

M. **G. W. Ritchey** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. **B. Jekhowsky** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Loutreuil* en 1924.

M. **Pierre Teilhard de Chardin** adresse un *Rapport sur une mission paléontologique et géologique en Mongolie en* 1923-1924, exécutée grâce à deux subventions accordées sur le *Fonds Loutreuil* en 1923 et 1924.

M. **J. Tilho** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *É. Bertin*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Henri Marcelet. *Les huiles d'animaux marins*. (Présenté par M. A. Haller.)

2° *Sahara occidental et central*, carte au $\frac{1}{1000000}$ dressée par A. Meunier.

3° *Arnaud de Gramont* (1861-1923), par Ch. Fabry.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Invariants de Gauss, Beltrami et Minding*. Note (¹) de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Zorawski (²) obtient, par intégration de systèmes complets, le nombre d'invariants distincts de chaque ordre, attachés à un ds^2 donné,

$$E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2.$$

L'*Encyclopédie allemande des Sciences mathématiques* (Band 3_3, p. 393) reproduit la classification de Zorawski.

2. Les *invariants de Gauss* ne contiennent que E, F, G et leurs dérivées ; E, F, G faisant déjà intervenir les éléments différentiels du premier ordre de toute surface image du ds^2, il est naturel de nommer ordre d'un tel invariant l'entier supérieur d'une unité à l'ordre maximum des dérivées de E, F, G figurant effectivement. Les *invariants de Beltrami ou Minding*, outre les éléments déjà cités, contiennent encore, pour Beltrami, des fonctions *arbitraires* φ_1, $\varphi_2(u, v)$, ... et leurs dérivées, ou, pour Minding, les

(¹) Séance du 29 décembre 1924.

(²) *Acta mathematica*, t. 16, 1892, p. 1-64.

dérivées $v', v'', \ldots$ de v considérée comme fonction indéterminée de u; l'ordre d'un tel invariant est le *plus grand* des deux entiers, dont l'un est l'ordre maximum des dérivées de $\varphi_1, \varphi_2, \ldots$ (Beltrami) ou $v', v'', \ldots$ (Minding), et l'autre, l'entier supérieur d'une unité à l'ordre maximum des dérivées de E, F, G. L'*invariant général* se réduit à une combinaison des trois types précédents.

3. Au lieu d'intégrer des systèmes complets, on doit obtenir, plus aisément, par des différentiations, tous les invariants. Beltrami a défini les operateurs Δ_1, Δ_2 relatifs aux paramètres différentiels du premier ou second ordre et montré que leur emploi répété permet, à partir d'un nombre restreint d'invariants de l'ordre minimum, d'obtenir tous les autres. L'exposé de Darboux(¹) suffit, non seulement pour le dénombrement (auquel s'est borné Żorawski), mais encore pour l'obtention des invariants. Gauss donne comme ordre minimum 3 : un seul invariant d'ordre 3, un seul d'ordre 4, puis, pour $n \geqq 5$, $n-2$ d'ordre n. L'invariant I d'ordre 3 est, comme on sait, *la courbure totale ;* tous les autres s'en déduisent par les opérateurs Δ_1, Δ_2. Nous devons remarquer toutefois que les dérivées d'ordre 2 de E, F, G ne figurent dans I que par le groupe $\frac{\partial^2 F}{\partial u\, \partial v} - \frac{1}{2}\frac{\partial^2 E}{\partial v^2} - \frac{1}{2}\frac{\partial^2 G}{\partial u^2}$, mais que si x, y, z sont les coordonnées du point courant d'une surface image, les dérivées d'ordre 3 de x, y, z ne figurent qu'en apparence dans ce groupe ; la définition de l'ordre des invariants de Gauss conduit donc, si l'on songe à x, y, z, à un nombre trop fort d'une unité ; mais, pour la généralité, nous devons conserver cette définition.

Pour les invariants de Beltrami, si m est le nombre des fonctions φ_1, $\varphi_2, \ldots, \varphi_m$, on trouve m invariants distincts d'ordre 1, $6m$ d'ordre 4, puis pour $n \neq 1$ et $n \neq 4$, $(n+1)m$ distincts d'ordre n.

4. Minding fournit un résultat, au premier abord, surprenant. A partir de l'ordre minimum 2, on a, quel que soit $n \neq 4$, un seul invariant, mais pour $n = 4$, deux invariants. La courbure géodésique ρ, puis $\frac{d\rho}{ds}$, $\frac{d^2\rho}{ds^2}, \ldots$ sont évidemment des invariants d'ordre 2, 3, 4, ... Suivant la remarque de M. Cartan, un invariant de Minding d'ordre 4 peut ne contenir que v', mais non v'', v''', ni v^{iv}. Les courbes γ les plus simples définies *individuellement* et *intrinsèquement* sur les surfaces images du ds^2 sont celles que l'on obtient en égalant à une constante arbitraire l'invariant de Gauss

(¹) *Théorie générale des surfaces*, t. 3, p. 193-206.

le plus simple : courbes de courbure totale constante; en chaque point d'une courbe indéterminée, l'angle V de cette courbe avec la courbe γ qui y passe est un invariant d'ordre 4. L'expression de ρ montre que v'' peut s'exprimer en fonction de E, F, G, de leurs dérivées, de v' et ρ; v''' au moyen des mêmes quantités plus $\frac{d\rho}{ds}$, et ainsi de suite; v' s'exprime en fonction de E, F, G, leurs dérivées et V; donc tout invariant de Minding peut bien s'exprimer finalement en fonction de E, F, G, leurs dérivées, et de V, ρ, $\frac{d\rho}{ds}$, $\frac{d^2\rho}{ds^2}$.... Le même raisonnement permettrait de ne conserver, dans l'expression d'un invariant de Minding, que E, F, G, leurs dérivées et V, $\frac{dV}{ds}$, $\frac{d^2V}{ds^2}$, ...; mais alors on doit citer à part ρ, $\frac{d\rho}{ds}$, $\frac{d^2\rho}{ds^2}$ pour lesquels ce calcul semblerait fixer un ordre trop élevé.

5. Cette étude met en évidence quelques formules élégantes et inédites. J'appellerai $m = \frac{\cos\theta}{R}$ ou *courbure de Meusnier* l'expression classique, qui, on le sait, ne dépend, sur une surface image, que de l'orientation (du, dv) de la tangente; le déplacement orthogonal δu, δv $[\delta u = F du + G dv$, $\delta v = -(E du + F dv)]$ définit une nouvelle courbure m_1 de Meusnier ne dépendant finalement aussi que de (du, dv). La *torsion géodésique*

$$t = \frac{1}{T} - \frac{d\theta}{ds}$$

ne dépend aussi que de (du, dv) et le déplacement orthogonal remplace t par $-t$; on trouve aisément la relation

$$mm_1 - t^2 = I,$$

de sorte que les éléments non invariants m, m_1, t permettent de retrouver l'invariant I; cette relation est susceptible d'interprétations nombreuses pour l'indicatrice de Dupin, les lignes de courbure, les lignes asymptotiques.

Si maintenant on appelle ω, ω' les angles comptés dans le plan tangent depuis l'une des directions asymptotiques jusqu'à la tangente (du, dv), on a

$$t + m \cot\omega = \sqrt{-1}, \qquad t + m \cot\omega' = -\sqrt{-1},$$
$$t + m_1 \operatorname{tang}\omega = -\sqrt{-1}, \qquad t + m_1 \operatorname{tang}\omega' = \sqrt{-1}.$$

En particulier, sur une surface réglée, on peut prendre pour ω l'angle de la courbe étudiée et de la génératrice; si la surface se déforme en restant réglée, ω ne varie pas, non plus que l'expression $\frac{1}{T} - \frac{d\theta}{ds} + \cot\omega \frac{\cos\theta}{R}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *La définition axiomatique de l'intégrale.* Note de M. A. **Kolmogoroff**, présentée par M. Émile Borel.

Une classe de fonctions définies presque partout sur l'axe réel est dite *classe* K si la condition suivante est vérifiée :

Condition K. — Si $f(x)$ est une fonction de classe K et $\varphi(x)$ est une fonction monotone, croissante de $-\infty$ à $+\infty$, avec le rapport

$$\frac{\varphi(x_2)-\varphi(x_1)}{x_2-x_1},$$

borné, alors la fonction $f[\varphi(x)]\,\varphi'(x)$ est aussi une fonction de classe K. La dernière fonction est nulle si $\varphi'(x)=0$, même quand $f[\varphi(x)]$ n'est pas définie.

La classe K est intégrable — X si l'on peut définir dans cette classe une fonctionnelle (intégrale — X)

$$\int_0^x f(\alpha)\,d\alpha,$$

avec les propriétés suivantes :

Propriétés de l'intégrale. — 1° $\int_0^0 f(\alpha)\,d\alpha = 0$;

2° $\int_0^x f(\alpha)\,d\alpha$ est une fonction continue par rapport à x;

3° Sa dérivée — X par rapport à x est égale presque partout à $f(x)$;

4° $\int_0^{\varphi(x)} f(\alpha)\,d\alpha = \int_0^x f[\varphi(\alpha)]\,\varphi'(\alpha)\,d\alpha$, la fonction $\varphi(\alpha)$ vérifiant la condition donnée plus haut.

Nous supposons que la dérivée — X est une fonctionnelle avec les propriétés suivantes :

Propriétés de la dérivée. — 1° $[F_1(x)-F_2(x)]' = F'_1(x)-F'_2(x)$;

2° L'ensemble des valeurs de $f(x)$, pour les points où $f'(x)=0$, est de mesure nulle.

Théorème I. — *A une fonction $f(x)$ et un procédé de la dérivation* X, *même dans des classes intégrables* K_1 *et* K_2 *différentes, on ne peut faire correspondre qu'une fonction unique :*

$$F(x) = \int_0^x f(\alpha)\,d\alpha.$$

Thème de la démonstration :

Supposons le contraire : dans les classes intégrab es K_1 et K_2 il existe deux fonctions $F_1(x)$ et $F_2(x)$ différentes. La dérivée — X de

$$\Phi(x) = F_1(x) - F_2(x)$$

est presque partout nulle. Supposons $\Phi(x_0) > 0$, $x_0 > 0$ (les autres cas sont analogues). Posons

$$\psi(x) = x + \max_{\alpha=0}^{\alpha=x}[\Phi(\alpha)] \quad \text{si} \quad x > 0;$$
$$\psi(x) = x, \quad \text{si} \quad x \leq 0;$$

$\varphi(x)$ fonction inverse $(\varphi[\psi(x)] = x)$, vérifie la condition donnée du commencement. La fonction

$$\Phi[\varphi(x)] = F_1[\varphi(x)] - F_2[\varphi(x)]$$

a la dérivée non nulle sur un ensemble de mesure positive, ce qui est impossible.

Théorème II. — *Pour un procédé de dérivation-X il existe une classe K^m intégrable X qui contient toutes les autres.*

Théorème III. — *Pour la dérivation asymptotique la classe K^m intégrable coïncide avec la classe de toutes les fonctions totalisables de M. Denjoy.*

Remarque. — Nous ne donnons pas dans cette Note une définition axiomatique complète de la dérivation. Il en résulte la possibilité, qu'à des procédés de dérivation différents peuvent correspondre des intégrales différentes.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les sous-classes de la classification de M. Baire.* Note de M. M. Lavrentieff, présentée par M. Émile Borel.

Je me propose ici d'obtenir une décomposition de chaque classe des ensembles mesurables B en aleph-un sous-classes non vides. C'est M. N. Lusin qui m'a guidé dans mes recherches et c'est à lui tout d'abord que je dois l'idée ci-dessous des résultats, ainsi que les définitions fondamentales.

1. *Principes de la classification des ensembles.* — Prenons, pour l'espace fondamental, l'ensemble de tous ces points irrationnels compris entre 0 et 1. L'ensemble des points irrationnels qui appartient à un intervalle (a, b) à extrémités rationnelles est dit *portion*.

Une suite d'ensembles $E_1, E_2, \ldots, E_n, \ldots$ est dite *convergente* lorsque

ses ensembles-limites (complet et restreint) sont identiques; nous appelons *ensemble-limite* cet ensemble-limite commun E et écrivons $E = \lim_{n \to \infty} E_n$.

Aux différents nombres ordinaux des classes I et II nous ferons correspondre des classes d'ensembles au moyen de la définition suivante :

1° Un ensemble formé par la réunion d'une infinité dénombrable de portions dont le complément est de même nature appartient à la classe o.

2° Un ensemble appartient à la classe α ($\alpha > 0$) s'il est la limite d'une suite d'ensemble appartenant à des classes marquées par des nombres inférieurs à α, et s'il ne fait pas partie de l'une de ces classes.

Nous dirons qu'un ensemble est *atteint supérieurement* (*inférieurement*) s'il est la partie commune (somme) à une infinité dénombrable d'ensembles de classes $< \alpha$; dans le cas contraire un ensemble est dit *non atteint*. Il y a, dans toute classe de la classification, des ensembles atteints supérieurement et inférieurement, et des ensembles non atteints.

Nous allons considérer les ensembles de classe α atteints supérieurement comme des formations les plus primitives de cette classe et étudier à ce point de vue la structure des ensembles non atteints. La raison pour ce point de vue est l'analogie profonde qu'il y a entre les points et les ensembles atteints supérieurement. A cause de cette analogie nous appelons *éléments* α les ensembles atteints supérieurement.

2. *Séparabilité.* — Nous dirons que deux ensembles de classe α, E_1 et E_2, n'ayant pas de points communs, sont *séparables*, s'il existe deux ensembles, $\overline{E}_1$ et $\overline{E}_2$, de classes $< \alpha$, n'ayant pas de points communs et contenant respectivement E_1 et E_2. Nous avons le

THÉORÈME I. — *Deux éléments $\alpha + 1$ quelconques sans points communs sont séparables.*

De ce théorème nous déduisons un lemme qui joue dans la théorie considérée un rôle essentiel.

LEMME. — *Pour que la somme d'une infinité dénombrable d'éléments $\alpha + 1$, $e_1, e_2, \ldots, e_n, \ldots$, deux à deux sans points communs, soit un ensemble de classe $\leqq \alpha + 1$, il faut et il suffit qu'il existe une infinité dénombrable d'ensembles $\overline{e}_1, \overline{e}_2, \ldots, \overline{e}_n, \ldots$ de classe $< \alpha + 1$ et tels que : 1° $\overline{e}_n > e_n$; 2° l'ensemble limite des $\overline{e}_n$ est vide.*

3. *Les ensembles clairsemés.* — Soit $M = \{e_t\}$ un ensemble de points α deux à deux sans points communs; nous appelons *isolé* un élément $\alpha\, e_{t_0}$, s'il existe un ensemble $\overline{e}_{t_0}$ de classe $< \alpha$ tel que : 1° $\overline{e}_{t_0} > e_{t_0}$ et 2° $\overline{e}_{t_0} e_t \equiv 0$, $t \neq t_0$.

En utilisant l'idée d'analogie entre les éléments α et les points on obtient naturellement la notion d'ensemble clairsemé d'éléments α; nous appelons ensemble clairsemé d'éléments α l'ensemble $M = \{e_t\}$ d'éléments α, deux à deux sans points communs et tel qu'il existe dans tout sous-ensemble de M un élément α isolé.

Soit $M = \{e_t\}$ un ensemble clairsemé d'éléments α. D'après un raisonnement connu de M. Zermelo, on peut toujours ranger les éléments $\alpha\, e_t$ de l'ensemble M dans une suite transfinie telle que chacun de ses éléments $\alpha\, e_t$ est isolé dans l'ensemble d'éléments α qui le suivent dans la suite considérée. Si l'ensemble M est dénombrable, le principe du choix arbitraire devient inutile.

Soit

$$M = \{e_n\} \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots)$$

un ensemble clairsemé d'éléments αe_n. Nous pouvons donc ranger ces éléments dans une suite transfinie

$$e_0^*, \quad e_1^*, \quad \ldots, \quad e_\omega^*, \quad \ldots, \quad e_\beta^*, \quad \ldots \qquad |\gamma < \Omega|$$

telle que, quel que soit $\beta < \gamma$, l'élément e_β^* est isolé dans l'ensemble $M = \{e_{\beta'}\}$, $\beta' > \beta$. Nous appellerons le nombre γ le *type de l'ensemble clairsemé* M.

Nous avons pour les ensembles clairsemés les théorèmes fondamentaux suivants :

Théorème fondamental. — *La somme d'une infinité dénombrable d'éléments α qui forment un ensemble clairsemé est un ensemble de classe α.*

Théorème inverse. — *Tout ensemble de classe α est la somme d'une infinité dénombrable d'éléments α qui forment un ensemble clairsemé et d'un ensemble atteint inférieurement.*

4. *Les sous-classes.* — D'après ce qui précède nous pouvons décomposer formellement toute classe transfinie α d'ensembles mesurables β en aleph-un sous-classes au moyen de la définition suivante : 1° un ensemble de classe α appartient à la sous-classe o s'il est atteint supérieurement ou inférieurement; 2° un ensemble de classe α appartient à la sous-classe $\beta > 0$, s'il n'appartient à aucune sous-classe $\beta' < \beta$; mais s'il est la somme d'une infinité dénombrable d'éléments α, formant un ensemble clairsemé du type $\omega\beta$ et d'un ensemble atteint inférieurement.

On peut démontrer ceci :

Théorème II. — *Quels que soient les nombres $\alpha < \Omega$ et $\beta < \Omega$, il existe toujours un ensemble* E *de classe α et de sous-classe β.*

En appliquant un théorème sur les ensembles homéomorphes ([1]), on obtient facilement le résultat suivant :

Théorème III. — *Tout ensemble homéomorphe à un ensemble de classe $\alpha > 2$ et de sous-classe β appartient à la même classe et à la même sous-classe.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la dérivée-limite d'une fonction analytique.* Note de M. V. **Weniaminoff**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $w = f(z)$ une fonction analytique, uniforme à l'intérieur du cercle $|z| \leq 1$.

Définition. — *Nous dirons que la fonction $f(z)$ a une dérivée-limite $\varphi(z_0)$ en un point z_0, $|z_0| = 1$, s'il existe une limite $\varphi(z_0) = \lim\limits_{z \to z_0} f'(z)$ lorsque z tend vers z_0 le long d'un chemin quelconque situé à l'intérieur du cercle $|z| \leq 1$ et non tangent à la circonférence.*

La question qui se pose maintenant est la suivante : *Quelle est la condition nécessaire et suffisante pour l'existence d'une dérivée-limite sur un ensemble* E, Mes. $E > O$ [$E = \{z\}$, $|z| = 1$].

Le but de cette Note est de résoudre le problème posé. Avant d'aborder cette question, nous avons besoin d'une définition préliminaire.

Soient $z = \psi(w)$ la fonction inverse pour la fonction $f(z)$ et R la surface de Riemann correspondant à $\psi(w)$.

Définition. — *Nous dirons que la surface de Riemann* R *a une enveloppe* $\mathfrak{L}$, *s'il existe une courbe rectifiable* $\mathfrak{L}$, *intérieure à la surface* R *et dont l'ensemble des points appartenant à la fois à* $\mathfrak{L}$ *et à la frontière de la surface est de mesure positive.*

Théorème. — *La condition cherchée consiste en ce que* R *ait des enveloppes* $\mathfrak{L}$.

Voici les considérations qui ont conduit à ce résultat.

La condition est nécessaire. — Supposons qu'il existe une dérivée-limite en tout point de l'ensemble E ; dans ces conditions, on peut démontrer en employant la méthode de M. Privaloff ([2]), qu'il existe à l'intérieur du cercle $|z| \leq 1$ une ligne rectifiable C dont l'ensemble des points communs à C et à $|z| = 1$ est de mesure positive, le long de laquelle les valeurs de la dérivée ordinaire et de la dérivée-limite forment une fonction continue.

En appliquant ensuite à $f(z) = U(x, y) + iV(x, y)$ le théorème

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 187.

([2]) *Intégrale de Cauchy* (Thèse russe), 1919, p. 39.

de Lagrange, on démontre sans peine qu'il existe une dérivée ordinaire

$$f'(z) = \lim_{z_0+\Delta z \to z_0} \frac{f(z_0+\Delta z) - f(z_0)}{\Delta z} \qquad (z_0+\Delta z \text{ et } z_0 \text{ étant sur C})$$

en tout point z_0 de C et que cette dérivée est égale à la dérivée-limite $\varphi(z_0)$ si $|z_0| = 1$.

Ces préliminaires établis, considérons $\int |f'(z)|\,|dz|$.

Remarquons d'abord que sa valeur est $< +\infty$.

Soit $\mathfrak{L}$ la courbe définie par l'équation $w = f(z)$ (lorsque z décrit C). Il est évident que $\mathfrak{L}$ appartienne à la surface R (la frontière comprise) et que sa longueur est $< +\infty$. Il nous reste à démontrer que l'ensemble des points appartenant à la fois à $\mathfrak{L}$ et à la frontière de R est de mesure positive. Or la mesure de ce dernier ensemble est égale à $\int_{E_1} |f'(z)|\,|dz|$ (E_1 est l'ensemble des points de C, $E_1 \subset E$; Mes. $E_1 > 0$) et la valeur de cette intégrale diffère sûrement de zéro parce que nous pouvons toujours supposer que $f'(z)$ n'est pas nulle sur l'ensemble E_1 (1).

Donc, la courbe $\mathfrak{L}$ est une enveloppe pour R.

La condition est suffisante. — Dans tout ce qui suit, nous supposons que la fonction $f(z)$ réalise une représentation conforme du domaine simple, simplement connexe R sur l'intérieur du cercle $|z| \leqq 1$ (ce qui ne diminue pas la généralité du problème).

Soient $\mathfrak{L}$ une enveloppe pour R, $\mathcal{E}$ un ensemble de points appartenant à la fois à $\mathfrak{L}$ et à la frontière de R, Mes. $\mathcal{E} > 0$, et soient J et E les transformés de $\mathfrak{L}$ et $\mathcal{E}$ par la fonction $w = f(z)$.

On démontre sans peine que Mes. E > 0.

On ne sait pas si la courbe J est une courbe rectifiable, mais on peut démontrer qu'elle a une tangente déterminée presque en chaque point de l'ensemble E.

Soit $z = x(\xi)$ une fonction réalisant une représentation conforme du domaine limité par J sur le cercle $|\xi| \leqq 1$. On démontre que cette fonction a une dérivée ordinaire presque en chaque point de $|\xi| = 1$. Alors, d'après les recherches connues de M. Fatou, il existe une dérivée-limite de $x(\xi)$ presque en chaque point de $|\xi| = 1$ et cette dérivée est égale à la dérivée ordinaire en ce point.

Ces préliminaires étant terminés, considérons la fonction $f[x(\xi)]$. Il est

(1) PRIVALOFF, *Intégrale de Cauchy* (Thèse russe), 1919, p. 40-41.

évident que cette fonction réalise la représentation conforme du domaine limité par la courbe rectifiable L sur le cercle $|\xi| \leqq 1$. On sait qu'il existe dans ce cas une dérivée-limite de $f[x(\xi)]$ presque en chaque point de $|\xi| = 1$ et cette dérivée peut être représentée sous la forme

$$\frac{df[x(\xi)]}{d\xi} = \frac{df[z]}{dz} \cdot \frac{dx(\xi)}{d\xi}.$$

La partie gauche et le second facteur de la partie droite ont des valeurs déterminées différentes de zéro presque en chaque point de $|\xi| = 1$. Il en résulte que $\frac{df(z)}{dt}$ a une valeur déterminée presque en chaque point de l'ensemble E. Or, cette dérivée est la dérivée-limite cherchée.

C. Q. F. D.

Corollaires. — On sait que la transformation au moyen de la fonction analytique $f(z)$ conserve les angles en tout point z_0, où $f(z)$ est holomorphe et où $f'(z_0) = 0$. Cela signifie que si l'on transforme les deux courbes L et L_1 formant au point z_0 un angle α par la transformation $f(z)$, les deux courbes transformées $f(L)$ et $f(L_1)$ ont le même angle α au point d'intersection. Il est manifeste que pour tout point z_0, $|z_0| = 1$, où la dérivée limite de $f(z)$ existe et n'est pas nulle, cette propriété sera aussi conservée.

Le théorème démontré nous donne immédiatement le corollaire suivant :

Corollaire. — *S'il existe une enveloppe pour la frontière du domaine simple, simplement connexe* R, *la transformation au moyen de la fonction $f(z)$ réalisant la représentation conforme de ce domaine sur l'intérieur du cercle $|z| \leqq 1$ conserve nécessairement les angles pour tout point $\bar{z}$, $|\bar{z}| = 1$, appartenant à un ensemble* E, Mes. $E > 0$.

La question qui se pose naturellement est la suivante : *une transformation au moyen de la fonction réalisant la représentation conforme du domaine simple simplement connexe, limité par une courbe jordanienne sans points multiples sur l'intérieur du cercle $|z| \leqq 1$ conserve-t-elle nécessairement les angles presque en chaque point de $|z| = 1$.*

La réponse est négative : on peut construire un domaine limité par une courbe jordanienne sans points multiples, n'ayant aucune enveloppe. Il en résulte que la fonction correspondante $f(z)$ ne conserve pas les angles presque en chaque point de $|z| = 1$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'adhérence d'un liquide parfait à un solide qu'il baigne et le théorème de Lagrange.* Note (¹) de M. **Maurice Roy**, présentée par M. L. Lecornu.

La condition d'adhérence d'un fluide parfait, incompressible et indilatable à la paroi d'un solide qu'il baigne, paraît, en général, incompatible avec le théorème de Lagrange si le liquide n'est soumis qu'à des actions extérieures conservatives et si le système considéré est mis en mouvement à partir du repos et sans variation brusque de la vitesse d'un quelconque de ses points.

M. Boussinesq (²) a montré, dans le cas où le liquide est affecté de viscosité, que la condition d'adhérence à la paroi met en défaut le théorème de Lagrange et en a donné un exemple dans un cas particulier, en remarquant que les intégrales du mouvement relatives à ce cas sont des fonctions non analytiques du temps pour l'instant initial (mise en mouvement).

Duhem, en étudiant l'extension du théorème de Lagrange aux liquides visqueux, a montré (³) que cette condition est nécessaire pour permettre d'échapper, dans les circonstances envisagées, à ce théorème ainsi étendu.

Nous voudrions montrer comment, dans le cas du problème résolu par M. Boussinesq, la considération du liquide parfait comme limite du fluide visqueux permet de lever la difficulté énoncée plus haut.

Le problème envisagé est le suivant :

Un liquide visqueux indéfini soustrait à toute action extérieure repose sans mouvement sur un plan fixe xy. A l'instant $t = 0$, on applique en chaque point du fluide une force parallèle à l'axe des x, de valeur constante k par unité de masse du fluide.

On suppose que le liquide garde une température uniforme et constante et qu'il adhère, au moins pendant un certain temps, à la paroi qui le supporte, ce qui exige un coefficient de *frottement de contact* non nul.

La vitesse u d'une particule, dirigée suivant l'axe des x, ne dépend que de z et de t et vérifie l'équation

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}. \tag{1}$$

(¹) Séance du 29 décembre 1924.

(²) J. Boussinesq, *Comptes rendus*, t. 90, 1880, p. 736.

(³) P. Duhem, *Recherches sur l'Hydrodynamique*, 5ᵉ Partie, Chap. II, § 5 (Gauthier-Villars, 1903).

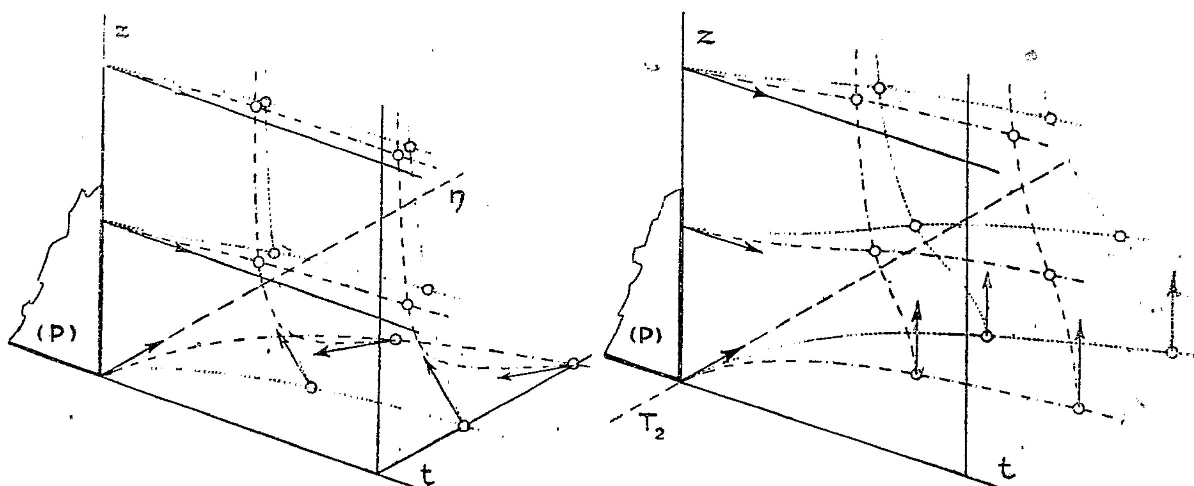
La solution répondant aux conditions initiales ($t=0$, $z \geqq 0$, $u=0$) et aux limites ($t \geqq 0$, $z=0$, $u=0$) est ([1]), tant que l'adhérence subsiste :

$$(2)\qquad u = kt\left[1 - \frac{1}{2\alpha}\left(\frac{z^2}{\nu t}+2\right)\int_{\frac{z}{\sqrt{\nu t}}}^{\infty}\frac{e^{-\frac{s^2}{4}}}{(s^2+2)^2}\,ds\right],$$

α désignant la valeur, positive et inférieure à $\sqrt{\pi}$, de l'intégrale définie

$$\int_0^{\infty}\frac{e^{-\frac{s^2}{4}}}{(s^2+2)^2}\,ds.$$

Si, dans cette solution du problème, on fait tendre le coefficient de visco-



Deformation des surfaces $\eta = \frac{1}{2}\frac{\partial u}{\partial z}(z,t)$ et $T_2(z,t)$ lorsque ν tend vers zéro
[T_2 = effort tangentiel parallèle à Ox sur un element normal à Oz — Plan (P) : solution du repos]
Legende .... $\nu = \nu_1$, — — — — $\nu = \nu_2 < \nu_1$; ———— $\nu = 0$

sité cinématique ν vers zéro, on constate que, dans la forme limite du mouvement :

1° La fonction $u(z, t)$ se réduit à

$$(3)\qquad u = kt \quad \text{pour} \quad z>0; \qquad u=0 \quad \text{pour} \quad z=0;$$

2° Les tourbillons répartis dans le liquide visqueux se localisent sur la

---

[1] L. LECORNU, *Cours de Mécanique*, t. **3**, p. 198 (Gauthier-Villars, 1918).

surface $z = 0$ au contact de la paroi. Dans cette nappe superficielle, l'intensité du tourbillon est infinie, mais le flux de tourbillon pour une bande de dimensions finies de la nappe est fini;

3° L'effort tangentiel exercé par la paroi sur le liquide en contact est nul;

4° Le laps de temps à la fin duquel, si le coefficient de frottement de contact n'est pas infini, le glissement au contact succède à l'adhérence prend une valeur infinie.

La considération du fluide-limite montre dans ce cas qu'il suffit d'une valeur non nulle, si faible soit-elle, du coefficient de frottement de contact pour assurer indéfiniment l'adhérence du liquide à la paroi et que l'action exercée par celle-ci sur le fluide ne cesse pas d'être normale à la surface limite de ce dernier. Les molécules de la nappe superficielle de tourbillon limitrophe de la paroi échappent à la démonstration classique [1] du théorème de Lagrange pour les fluides parfaits, car, pour la solution-limite obtenue, la dérivée partielle seconde $\frac{\partial^2 x(x_0, y_0, z_0, t)}{\partial z_0 \, \partial t}$ n'est pas finie, quel que soit $t > 0$, pour la valeur $z_0 = 0$ correspondant à ces molécules.

En faisant $\nu = 0$ directement dans l'équation (1), on est conduit à la solution classique $u = kt$ (pour $z \geqq 0$) que l'on ne peut concilier avec la condition d'adhérence à la paroi, l'hypothèse d'une discontinuité de la fonction u pour $z = 0$ se présentant alors comme arbitraire. La considération du fluide-limite *rend au contraire légitime l'admission de cette singularité et son interprétation comme surface de tourbillon* assurant l'adhérence et mettant en défaut la démonstration classique du théorème de Lagrange.

Si l'on envisage le problème hydrodynamique plus général fourni par un solide mis en mouvement sans choc dans un liquide parfait, de température uniforme et invariable, primitivement en repos et soumis à des actions extérieures exclusivement conservatives, la considération de la solution-limite obtenue en annulant la viscosité dans la solution correspondante relative au cas d'un liquide visqueux (conception déjà préconisée par divers auteurs) paraît susceptible, dans certains cas, de permettre d'imposer au liquide parfait la condition d'adhérer à la paroi du solide immergé affectée de frottement sans provoquer d'effort tangentiel au contact et de justifier alors l'existence d'une couche superficielle tourbillonnaire limitrophe de certaines portions de cette paroi.

---

(1) Cf. P. Duhem, *Hydrodynamique. Élasticité. Acoustique*. Chap. V, § 1, p. 108 (Hermann, Paris, 1891).

Remarquons qu'il ne paraît pas permis d'exclure *a priori* dans ce cas l'éventualité du détachement de cette nappe à partir de la paroi et suivant certaines lignes et de son émigration au sein du fluide (où elle fonctionnerait en général comme surface de tourbillon ou de glissement), conformément aux apparences connues d'un certain nombre de phénomènes d'écoulement des liquides.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'influence du refroidissement d'un fluide gazeux préalablement à sa compression.* Note (¹) de M. **Georges Patart**, présentée par M. Vieille.

Compression sans refroidissement préalable. — Pour élever de p_0 à p_1 l'unité de poids d'un fluide gazeux aspiré à sa température normale t_0 (t_0, comme toutes les notations suivantes, étant exprimé en températures absolues), il faut consommer un travail T qui peut être représenté par l'expression

$$T = \frac{1}{\alpha}\frac{C}{A}t_0\left[\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right] = \frac{1}{\alpha}\frac{C}{A}t_0(\lambda - 1) \quad \text{si l'on pose} \quad \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \lambda,$$

C étant la chaleur spécifique sous pression constante, A l'inverse de l'équivalent mécanique de la chaleur, γ le rapport des deux chaleurs spécifiques et α le rendement pratique de la compression par rapport à la compression adiabatique théorique.

Compression avec refroidissement préalable. — Dans ce cas le travail T' comprend deux parties : le travail T'_1 correspondant au refroidissement artificiel du fluide gazeux de t_0 à θ_0 et le travail T'_2 absorbé par la compression du gaz refroidi.

Si l'on appelle β le rendement pratique du refroidissement par rapport au travail théorique minimum (cycle de Carnot), le travail T'_1 sera donné par l'expression

$$T'_1 = \frac{1}{\beta}\frac{C}{A}(t_0 - \theta_0)\frac{t_0 - \theta_0}{\theta_0} = \frac{1}{\beta}\frac{C}{A}\frac{t_0}{\mu}(\mu - 1)^2 \quad \text{pour} \quad \frac{t_0}{\theta_0} = \mu.$$

La valeur du travail T'_2 absorbé par la compression du gaz refroidi à θ_0 pourra s'écrire

$$T'_2 = \frac{1}{\alpha}\frac{C}{A}\theta_0(\lambda - 1) = \frac{1}{\alpha}\frac{C}{A}\frac{t_0}{\mu}(\lambda - 1),$$

(¹) Séance du 29 décembre 1924.

α ayant très sensiblement la même valeur que précédemment si la différence $t_0 - \theta_0$ n'est pas trop grande; on en déduit

$$T' = T'_1 + T'_2 = \frac{C}{A}\frac{t_0}{\mu}\left[\frac{\lambda - 1}{\alpha} + \frac{(\mu - 1)^2}{\beta}\right].$$

Comparaison des quantités d'énergie consommées dans les deux cas :

$$\frac{T'}{T} = \frac{\dfrac{\lambda - 1}{\alpha} + \dfrac{(\mu - 1)^2}{\beta}}{\mu\left(\dfrac{\lambda - 1}{\alpha}\right)} = \frac{\beta(\lambda - 1) + \alpha(\mu - 1)^2}{\beta\mu(\lambda - 1)} = \frac{\beta(\lambda - 1) + \alpha(\mu - 1)(\mu - 1)}{\beta(\lambda - 1) + \beta(\lambda - 1)(\mu - 1)}.$$

Sous cette forme de l'expression $T' : T$, il apparaît immédiatement que la condition nécessaire pour que $T' < T$ est

$$\alpha(\mu - 1) < \beta(\lambda - 1) \quad \text{ou} \quad \mu < 1 + \frac{\beta}{\alpha}(\lambda - 1) \quad \text{ou} \quad t_0 > \theta_0 > \frac{t_0}{1 + \dfrac{\beta}{\alpha}(\lambda - 1)}.$$

Or il existe toujours une série de valeurs de θ_0 satisfaisant à ces inégalités puisque λ est toujours par hypothèse supérieur à l'unité, que β, toujours supérieur à zéro, est rarement inférieur à 0,60 et que α, pour un rendement isothermique de 0,63, varie entre 0,75 et 0,80 quand $p_1 : p_0$ varie de 2 à 5.

Température optima de refroidissement. — Cette température sera celle qui rend $T' : T$ minimum; on l'obtient donc en annulant la dérivée de $T' : T$ par rapport à μ, ce qui donne

$$\mu = \sqrt{1 + \frac{\beta}{\alpha}(\lambda - 1)}, \qquad \theta_m = \frac{t_0}{\sqrt{1 + \dfrac{\beta}{\alpha}(\lambda - 1)}} \qquad \text{et} \qquad \left(\frac{T'}{T}\right)_{\text{min.}} = \frac{2\alpha(\mu - 1)}{\beta(\lambda - 1)}.$$

L'étude géométrique des diagrammes de compression et de refroidissement conduit aux mêmes conclusions que l'étude analytique ci-dessus et fait voir, en outre, que le refroidissement préalable à la température optima θ_m procure, dans la dépense d'énergie, exactement la même économie que la compresion en deux stades avec un stage intermédiaire à la pression la plus favorable $\sqrt{p_0 p_1}$.

Il résulte de cette observation que, dans des installations importantes de compression, comme celles qu'exige l'application de la synthèse catalytique sous pression aux éléments gazeux, comportant l'emploi de nombreux compresseurs très puissants à 5 ou 6 étages et une dépense d'énergie très

importante, le refroidissement artificiel des gaz aspirés à tous les étages par une machine frigorifique *unique* permettrait soit de réaliser la même économie d'énergie que le dédoublement des étages de tous les compresseurs, soit, pour la même dépense d'énergie, de réduire de moitié le nombre des étages de tous les compresseurs.

ASTRONOMIE COSMOGONIQUE. — *Sur le mouvement d'un tourbillon dans un milieu résistant : application aux tourbillons planétaires.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

Le phénomène de Magnus, bien étudié par Lafay, montre qu'un corps tournant dans un milieu résistant où il se déplace engendre par sa rotation une composante de pression latérale qui le dévie de sa trajectoire. Considérons un cylindre tournant frappé latéralement par le vent : il entraîne avec lui une masse d'air qui, d'un côté va dans le sens du vent et du côté opposé en sens inverse : de ce côté un excès de pression se produira qui chassera le cylindre dans une direction qui peut faire avec celle du vent un angle variant de 45° à 70°. Ce phénomène vient d'être appliqué par Flettner à la propulsion d'un bateau au moyen de deux mâts cylindriques tournants : il trouve aussi son application dans les suggestives expériences de pseudo-magnétisme de Ch. Weyher qui a imité toutes les actions magnétiques par l'attraction et la répulsion de cylindres parallèles en rotation. J'ai rencontré ce même phénomène dans une machine produisant des tubes à cigarettes cylindriques. Ce fait m'a suggéré une expérience très simple pour reproduire le phénomène de Magnus. On façonne avec une feuille de papier un cylindre de 25^{cm} de longueur sur 5 à 10^{cm} de diamètre, en en cannelant la surface pour que l'action soit plus marquée. Ce cylindre roulant sur un plan très incliné et tombant dans l'air reculera très en arrière de l'arête inférieure de ce plan.

Ce phénomène est aussi celui qui produit l'élargissement d'un anneau de fumée qui monte dans l'air : car un cylindre est l'élément linéaire du tore ou anneau rencontrant la résistance du fluide. C'est encore le même effet de Magnus qui agit sur les tempêtes tournantes venant d'Amérique : suivant que près de l'Europe elles sont attaquées par un vent venant du Nord ou du Sud, elles ont leur translation ralentie ou accélérée.

C'est dans le domaine cosmogonique que ce phénomène trouve son application à très grande échelle : d'après la cosmogonie tourbillonnaire

toutes les planètes à rotation directe sont issues de tubes-tourbillons coaxiaux provenant de l'enroulement des nappes planétaires le long d'une méridienne par le vent antagoniste de la nébuleuse primitive. Les rayons de ces tourbillons sont donnés par les premiers termes de la loi des distances des satellites de chaque planète : ce sont en rayons planétaires : 0,35 pour la Terre — 0,165 pour Mars — 0,814 pour Jupiter — 0,1 pour Saturne. Les planètes à rotation rétrograde doivent leur origine à un tore-tourbillon ou anneau en lequel s'est enroulée la nappe planétaire correspondante : grâce à ses satellites on connaît, pour Uranus, le rayon 5,41 égal à la demi-épaisseur de l'anneau. Cette épaisseur considérable est égale à 43,28 rayons terrestres, soit plus des $\frac{2}{3}$ de la distance de la Lune, ce qui explique, par condensation, la rotation rapide d'Uranus autour d'un axe couché dans l'écliptique comme l'axe de rotation des molécules de l'anneau. Dans la théorie classique du mouvement d'une planète dans un milieu résistant, on ne tient pas compte de la rotation de celle-ci et l'on suppose toujours la résistance directement opposée à la vitesse sur l'orbite. Dans la réalité un tube-tourbillon planétaire à peu près perpendiculaire à l'écliptique tournant dans le sens direct et se déplaçant sur une orbite de même sens subira le choc extérieur des molécules de la nébuleuse attirées vers le centre solaire.

L'impulsion latérale de ce choc produira donc sur le tourbillon, en vertu du phénomène de Magnus, une composante le poussant dans le sens direct sur sa trajectoire, ce qui compensera en tout ou en partie la résistance de milieu. Il y aura ainsi transformation d'une partie de l'énergie de rotation du tourbillon planétaire en énergie de translation sur son orbite. Ce phénomène explique bien comment les tourbillons planétaires, une fois arrivés dans l'écliptique primitive à leurs distances, ont pu les garder inchangées tout en restant pendant quelque temps dans la nébuleuse, et si un tel effet ne s'était pas produit, on ne reconnaîtrait plus aujourd'hui aucune loi des distances des planètes et satellites, alors que la loi exponentielle des distances ($X_n = a + c^n$) s'applique très exactement à ces deux catégories d'astres très différents par les masses, les dimensions et les vitesses sur leurs orbites.

Considérons maintenant le cas du tore-tourbillon d'Uranus. Soit x le rayon moyen de cet anneau, $2a$ son épaisseur, V la vitesse de rotation du tore, Δ la densité de la nébuleuse. La pression radiale centrifuge qui élargit l'anneau montant dans la nébuleuse s'exerce sur la surface $4\pi ax$: elle est due à la masse nébuleuse $\pi x^2 \Delta dz$ passant à l'intérieur de l'anneau et d'après la théorie aérodynamique de Lanchester-Brandtl, au produit de la vitesse

tangentielle V de rotation par son périmètre $2\pi a$. On a donc :

$$2\pi a V \ \pi \times x^2 \Delta\, dz = 4\pi a x\, dx,$$

d'où

$$\frac{dz}{dx} = \frac{2}{\pi V \Delta x}, \tag{1}$$

$$z = \frac{2}{\pi V \Delta} \mathrm{L} \frac{x}{x_1} \qquad (z = 0 \text{ pour } x = x_1). \tag{2}$$

Ainsi la méridienne de la trajectoire d'un anneau lancé dans un milieu résistant est une courbe logarithmique : c'est aussi la même courbe que nous avons trouvée pour les méridiennes d'épanouissement des nappes planétaires du genre tube-tourbillon et qui conduit à la loi exponentielle des distances.

Les formules (1) et (2) montrent que l'épanouissement de l'anneau sera d'autant plus rapide que Δ et V seront grands. Or au voisinage de l'écliptique primitive, sans doute près du centre de la nébuleuse, la densité devait augmenter. De même la condensation de l'anneau a dû en réduire le diamètre $2a$: si cette condensation s'est faite suivant la loi des aires, la vitesse V a dû augmenter en raison inverse de a. Ces deux causes agissent donc pour augmenter le rayon d'orbite x d'Uranus. Or la loi des distances planétaires $\left(X_n = 0,29 + \frac{1,886^n}{214,95}\right)$ très exacte pour les planètes directes donne pour Uranus la distance 17,76 au lieu de la distance réelle 19,218. La théorie précédente donne l'explication de cet écart.

Comme Uranus, Neptune et la planète ultra-neptunienne doivent sans doute leur formation à des anneaux : mais ceux-ci ont traversé une région de la nébuleuse assez éloignée du centre pour que la densité Δ y soit beaucoup moindre qu'à la distance d'Uranus. Dès lors, d'après la formule (2), les rayons x de ces anneaux seront plus faibles que les distances théoriques. En effet la loi des distances ($n = 14$) donne 33,25 pour celle de Neptune dont la valeur réelle est 30,109. Il est donc probable que la distance réelle de la planète ultra-neptunienne doit être réduite dans la même proportion, c'est-à-dire de 62,44 (distance théorique pour $n = 15$) à 56,5. La loi des masses démontrée dans une Note(1) donne 2,2 pour la masse ultra-neptunienne. Or par les écarts de Neptune par rapport aux positions calculées par les tables de Newcomb, Pickering (2) a calculé la distance 55 d'une planète ultra-

(1) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 704.
(2) *Harvard Observatory*, Circular 215.

neptunienne de masse 2. On voit par cet exemple que la Cosmogonie tourbillonnaire arrive par ses méthodes propres aux mêmes précisions que la Mécanique newtonienne, et que les apparentes anomalies des distances des planètes rétrogrades trouvent leur explication dans l'action des courants nébuleux sur des tourbillons.

OCÉANOGRAPHIE. — *Influence de la température superficielle sur les changements thermiques profonds dans la Méditerranée occidentale.* Note de M. **Rafael de Buen**, présentée par M. Joubin.

MM. Richard, Oxner et Sirvent ont publié récemment une liste d'observations de températures et salinités des eaux correspondant à diverses profondeurs, faites au large de Monaco, depuis le mois de décembre 1907 jusqu'au mois de mars de 1914 [1].

Les données appartiennent à trois Stations différentes. Dans les deux premières, on a travaillé entre la surface et 200^m de profondeur; dans la Station III on est arrivé jusqu'à la couche de 1200^m de profondeur, et même à 1400^m dans un petit nombre de cas.

Les courbes faites avec les températures moyennes nous signalent quelques faits intéressants. En effet, dans la Station I, la température superficielle plus élevée correspond au mois d'août, tandis qu'à 25^m nous trouvons le maximum en septembre, à 50 et 75^m en octobre, et à 100, 150 et 200^m de profondeur en décembre. On constate des phénomènes analogues en étudiant les moyennes de la Station II, dans laquelle on observe le maximum superficiel à 25^m en août, à 50^m en octobre, à 75^m en novembre et à 100, 150 et 200^m de profondeur en décembre.

Les mesures thermiques de la Station III sont moins nombreuses; cependant les moyennes calculées signalent le maximum de température superficielle à 25^m en août, à 50^m en octobre, à 75^m en novembre, à 100, 150 et 200^m en octobre, à 300^m en novembre, à 400^m en janvier, à 500, 600, 800, 1000 et 1200^m de profondeur en février.

Les conditions nous indiquent une loi très claire : *c'est que la température superficielle exerce une influence élévatrice sur le régime thermique des couches profondes (dans la Méditerranée occidentale) entre la fin de mars et février.*

Cette influence s'exerce non seulement pendant l'époque du réchauffe-

[1] *Bulletin de l'Institut océanographique*, n° 436. Monaco, 10 décembre 1923.

ment superficiel, entre le mois de mars et le mois d'août, mais aussi quand la température superficielle commence à descendre. Ce fait dépend de ce que, malgré le commencement du refroidissement superficiel, les couches immédiates à la surface ont encore une température supérieure à celle du fond.

L'influence élévatrice qu'exercent les couches supérieures peut être exprimée de la façon suivante : *Tant qu'il existe des eaux à température plus élevée dans les couches superficielles ou intermédiaires que dans le fond, le degré thermique augmente dans les zones profondes.*

L'augmentation de la température entre la surface et le fond se fait d'une façon lente entre les mois d'avril et février, étant donné qu'elle est occasionnée seulement par conductibilité de la chaleur à travers la masse liquide. La profondeur à laquelle arrive leur influence dépend de l'élévation thermique atteinte par les eaux superficielles.

Le minimum de février et mars, que l'on constate dans les Stations I et II de Monaco, arrive brusquement. Il doit son origine à la descente des eaux superficielles, qui deviennent plus denses par leur température très basse, et tombent jusqu'à la profondeur en produisant une descente thermique très rapide.

Nous constatons donc, qu'*après une augmentation lente de la température profonde, arrive une descente brusque, occasionnée par les eaux de surface qui, en devenant plus denses, descendent rapidement vers le fond.*

L'époque de la descente des températures profondes doit donc coïncider avec les mois dans lesquels la température superficielle est plus basse que celle du fond et la salinité plus élevée. Ces caractères se trouvent seulement aux mois de février et mars.

Nous pouvons assurer aussi un fait qui a été déjà indiqué par divers auteurs; c'est que *la température de la zone nommée homothermique de la Méditerranée éprouve des changements en relation avec le refroidissement subi par les couches superficielles pendant les différents hivers.*

Dans la Station III on observe, au point de vue des minima, une irrégularité plus grande, peut-être occasionnée, comme il est signalé par MM. Richard, Oxner et Sirvent, par l'existence d'une couche salée et chaude, trouvée déjà par Nielsen dans la mer de Ligurie et attribuée à des eaux qui, provenant de la mer Tyrrhénienne, passent par l'est de la Corse.

L'uniformité signalée par les courbes correspondant aux Stations I et III nous montre aussi que le *régime des eaux dans ces stations, au large de Monaco, est un régime local, non influencé par l'existence de courants qui apporteraient des eaux de caractères différents.*

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le caractère riemannien projectif du champ gravifique électromagnétique.* Note (¹) de M. **H. Eyraud**, présentée par M. Émile Borel.

M. Schouten (²) a proposé de considérer le champ électromagnétique comme un tourbillon lié à la torsion (³) de l'espace quatre dimensionnel. Nous allons montrer qu'une identification systématique des grandeurs physiques aux tenseurs géométriques fait apparaître ses hypothèses comme nécessaires. Soient Γ^r_{ik} les composantes de la connexion affine, non symétriques en ik. Posons

$$(1)\qquad \Gamma^r_{ik} - \Gamma^r_{ki} = \Lambda^r_{ik},$$

$$(2)\qquad R_{ri} = \frac{\partial \Gamma^s_{ir}}{\partial x^s} - \frac{\partial \Gamma^s_{is}}{\partial x^r} + \Gamma^q_{ir}\Gamma^s_{qs} - \Gamma^q_{is}\Gamma^s_{qr},$$

$$(3)\qquad \underset{s}{D} f^k_i = \frac{\partial f^k_i}{\partial x^s} - f^k_p \Gamma^p_{is} + f^p_i \Gamma^k_{ps},$$

$$(4)\qquad E_{ri} = \frac{1}{2}\left(R_{ri} - R_{ir} + \underset{s}{D}\Lambda^s_{ri}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \Gamma^s_{rs}}{\partial x^i} - \frac{\partial \Gamma^s_{is}}{\partial x^r}\right),$$

$$(5)\qquad K_{ri} = \frac{1}{2}(R_{ri} + R_{ir}).$$

E_{ri} et K_{ri} sont prises pour grandeurs d'intensité fondamentales, la première caractérise par sa nature tourbillonnaire et symétrique gauche le champ électromagnétique. Soit $\mathcal{L}$ une densité scalaire formée à l'aide des seules grandeurs d'intensité; définissons des densités tensorielles (grandeurs d'extension)

$$(6)\qquad \frac{1}{2}\mathcal{H}^{ri} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial E_{ri}},$$

$$(7)\qquad \frac{1}{2}\mathcal{G}^{ri} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial K_{ri}},$$

et cherchons à déterminer les lois qui les régissent à partir du principe de Hamilton

$$(8)\qquad \delta\int \mathcal{L}\, dx = 0 \qquad (dx = dx^0\, dx^1\, dx^2\, dx^3),$$

dans lequel les Γ^r_{ik} reçoivent des variations infinitésimales arbitraires. $\mathcal{L}$ est

(¹) Séance du 29 décembre 1924.

(²) J.-A. Schouten, *Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam, Proc.*, t. 26, 1923, p. 850.

(³) Cartan, *Annales de l'École Normale*, 3ᵉ série. t. 40, 1923, p. 368.

fonction des Γ^r_{ik} et de leurs dérivées premières par l'intermédiaire des E_{ri} et K_{ri} d'après (1), (2), (4), (5). Si nous développons l'équation (8) par la méthode classique (¹), nous obtenons

$$(9)\qquad \overset{*}{\underset{\gamma}{D}}\mathcal{G}^{\alpha\beta} - \frac{1}{2}\Lambda^{\sigma}_{\gamma\sigma}\mathcal{G}^{\alpha\beta} + \frac{1}{2}(\mathcal{G}^{\alpha i}\Lambda^{\beta}_{\gamma i} + \mathcal{G}^{\beta i}\Lambda^{\alpha}_{i\gamma}) - \varepsilon^{\beta}_{\gamma}\overset{*}{\underset{\sigma}{D}}(\mathcal{G}^{\sigma\alpha} + \mathcal{H}^{\sigma\alpha}) = 0,$$

on a désigné par $\overset{*}{\underset{\gamma}{D}}$ ce que devient le symbole $\underset{\gamma}{D}$ lorsqu'on y remplace les Γ^r_{ik} par leur partie symétrique

$$(10)\qquad \Gamma^{*r}_{ik} = \frac{1}{2}(\Gamma^r_{ik} + \Gamma^r_{ki}) \qquad (\varepsilon^{\beta}_{\gamma} = 0 \text{ si } \gamma \neq \beta, \ = n \text{ si } \gamma = \beta);$$

en permutant dans (9) α et β, puis combinant, par addition et soustraction, l'équation obtenue avec la précédente, on parvient aux équations suivantes :

$$(11)\qquad \overset{*}{\underset{\gamma}{D}}\mathcal{G}^{\alpha\beta} = \frac{1}{2}\Lambda_{\gamma}\mathcal{G}^{\alpha\beta} - \frac{1}{2(n-1)}(\varepsilon^{\alpha}_{\gamma}\mathcal{G}^{\beta\sigma}\Lambda_{\sigma} + \varepsilon^{\beta}_{\gamma}\mathcal{G}^{\alpha\sigma}\Lambda_{\sigma}),$$

$$(12)\qquad \mathcal{G}^{\beta i}\Lambda^{\alpha}_{i\gamma} - \mathcal{G}^{\alpha i}\Lambda^{\beta}_{i\gamma} = \frac{1}{n-1}(\varepsilon^{\alpha}_{\gamma}\mathcal{G}^{\beta\sigma}\Lambda_{\sigma} - \varepsilon^{\beta}_{\gamma}\mathcal{G}^{\alpha\sigma}\Lambda_{\sigma}),$$

$$(13)\qquad \overset{*}{\underset{\sigma}{D}}\mathcal{H}^{\sigma\alpha} = 0;$$

l'équation (13) exprime que la densité électromagnétique $\mathcal{H}^{\sigma\alpha}$ a une divergence nulle; il n'y a pas de courant électrique, lorsque la fonction d'action ne contient pas explicitement le potentiel vecteur. L'équation (11) exprime que l'éther a les mêmes géodésiques qu'un espace de Riemann; en effet, prenons $\mathcal{G}^{\alpha\beta}$ pour densité tensorielle fondamentale d'un espace de Riemann, le tenseur contrevariant fondamental sera défini par

$$(14)\qquad \mathcal{G}^{\alpha\beta} = g^{\alpha\beta}\sqrt{g}$$

et l'équation (11) est équivalente à la suivante

$$(15)\qquad \overset{*}{\underset{\gamma}{D}}g_{\alpha\beta} = \frac{1}{n-1}g_{\alpha\beta}\Lambda_{\gamma} + \frac{1}{2(n-1)}(g_{\alpha\beta}\Lambda_{\beta} + g_{\beta\gamma}\Lambda_{\alpha}),$$

d'où l'on tire, en faisant intervenir les crochets de Christoffel,

$$(16)\qquad \Gamma^{*r}_{ik} = \left\{ \begin{matrix} r \\ ik \end{matrix} \right\} - \frac{1}{2(n-1)}(\varepsilon^r_i\Lambda_k + \varepsilon^r_k\Lambda_i),$$

ce qui démontre le caractère projectif riemannien.

(¹) EINSTEIN, *Sitzber.*, Berlin, 1923, p. 32.

L'équation (12) donne, pour la torsion, l'expression très simple de Schouten

$$(17)\qquad \Lambda^{\gamma}_{\alpha\beta} = \frac{1}{1-n}(\varepsilon^{\gamma}_{\alpha}\Lambda_{\beta} - \varepsilon^{\gamma}_{\beta}\Lambda_{\alpha}).$$

Le système complet des équations de la dynamique de l'éther est constitué par les équations (4) et (5) d'une part, (11), (12) et (13) d'autre part.

Le théorème de l'énergie. — Les équations (16) et (17) permettent d'écrire

$$(18)\qquad \Gamma^{r}_{ik} = \left\{ \begin{matrix} r \\ ik \end{matrix} \right\} - \frac{1}{n-1}\varepsilon^{r}_{i}\Lambda_{k}.$$

Si l'on porte cette expression dans les équations (4) et (5), il vient

$$(19)\qquad \mathrm{E}_{ri} = \frac{1}{2(n-1)}\left(\frac{\partial \Lambda_{i}}{\partial x^{r}} - \frac{\partial \Lambda_{r}}{\partial x^{i}}\right),$$

$$(20)\qquad \mathrm{K}_{ri} = \left\{ \begin{matrix} s \\ s\,r\,i \end{matrix} \right\}.$$

L'équation (19) montre que le potentiel vecteur trouve son expression géométrique dans la torsion. L'équation (20) montre que K_{ri} est un terme purement gravifique, s'exprimant à l'aide des g_{in} seuls et de leurs dérivées premières et secondes, et identique au symbole de Riemann à quatre indices. La densité énergétique qui généralise celle d'Einstein et qui satisfait à un théorème (riemannien) de conservation est donc

$$(21)\qquad -\mathfrak{T}^{r}_{p} = \mathfrak{g}^{ir}\mathrm{K}_{ip} - \frac{1}{2}\varepsilon^{r}_{p}\mathfrak{g}^{ik}\mathrm{K}_{ik}$$

et l'on a

$$(22)\qquad \frac{\partial \mathfrak{T}^{r}_{p}}{\partial x^{r}} - \mathfrak{T}^{r}_{p}\left\{ \begin{matrix} q \\ p\,r \end{matrix} \right\} = 0.$$

Si la fonction $\mathcal{L}$ dépend explicitement du potentiel vecteur, on posera

$$(21)\qquad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Lambda_{i}} = \frac{1}{2(n-1)}\mathfrak{S}^{i},$$

et en conservant (19), seule l'équation (13) sera modifiée et deviendra

$$(22)\qquad \frac{\partial \mathfrak{M}^{\sigma\alpha}}{\partial x^{\sigma}} = \mathfrak{S}^{\alpha}$$

et fournira le théorème de conservation de l'électricité

$$(23)\qquad \frac{\partial \mathfrak{S}^{\alpha}}{\partial x^{\alpha}} = 0.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Enregistreur photographique et oscillographe.* Note [1] de M. A. **Perot**, présentée par M. Henri Deslandres.

Pendant la guerre, le problème de l'enregistrement des courants à haute fréquence amortis m'a été posé par le Service de la Télégraphie militaire. Pour le résoudre j'ai eu l'idée d'inscrire les indications d'un oscillographe sans inertie sur une pellicule photographique se déplaçant à de très grandes vitesses pouvant atteindre 150^m par seconde.

Il existe à l'heure actuelle des oscillographes cathodiques sans inertie; celui que j'ai réalisé ne prétend pas rivaliser comme perfection des images avec celui de M. Dufour, son seul mérite est d'être très simple et d'un emploi très commode.

Voici d'abord comment la pellicule photographique est entraînée :

Un film de prise de vues est placé à la périphérie d'un volant en acier, de 1^m de tour; ce volant a été calculé et construit sous la direction de M. Rateau de manière à tourner sans danger à 150 tours par seconde; une des extrémités de l'axe est filetée au pas de 8^{mm}, un écrou cylindrique est emmanché sur cette vis, il peut soit tourner avec l'axe, soit être maintenu fixe par une pince serrée à la main; dans ce dernier cas, si le volant tourne, il se déplace hélicoïdalement. La partie filetée de l'axe ayant 50^{mm}, l'entraînement longitudinal cesse quand le volant a parcouru 50^{mm}, l'écrou n'étant plus en prise avec la vis; le mouvement longitudinal vient alors s'amortir dans un dash-pot.

Le volant est entraîné de la façon suivante :

L'axe du disque est percé d'un canal cylindrique fermé par une plaque d'acier dans laquelle est pratiqué un trou carré de 10^{mm} de côté; dans ce carré s'engage une tige cylindrique en acier dont l'extrémité, de dimensions transversales supérieures à celles de la tige, forme un prisme de section carrée; la longueur de la partie prismatique est telle que cette partie est complètement rentrée dans le creux de l'arbre quand le déplacement longitudinal est effectué; le volant est ainsi débrayé. La tige est solidaire d'un pignon en cuir vert entraîné par une roue dentée montée directement sur l'axe d'un moteur électrique de 4 kilowatts.

En résumé, la méthode consiste à lancer au préalable le volant photographique à la vitesse voulue et, à l'instant convenable, à provoquer son déplacement longitudinal par la manœuvre d'une pince.

---

[1] Séance du 5 janvier 1925.

La pellicule est fixée à la périphérie du volant par des masselottes en cuivre que la force centrifuge appuye contre des ponts en acier avec une force d'autant plus grande que la vitesse est plus élevée.

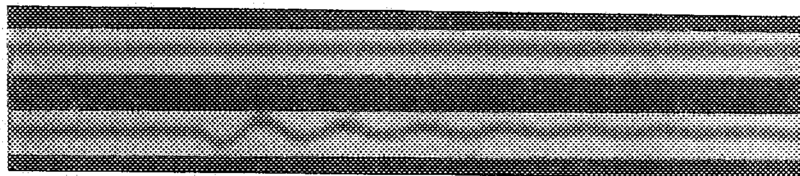


Fig. 1. — Courant sinusoïdal amorti, produit par la décharge d'un condensateur dans un circuit réactif. Vitesse 36^{m} par seconde ; $\lambda = 45^{km},8$.

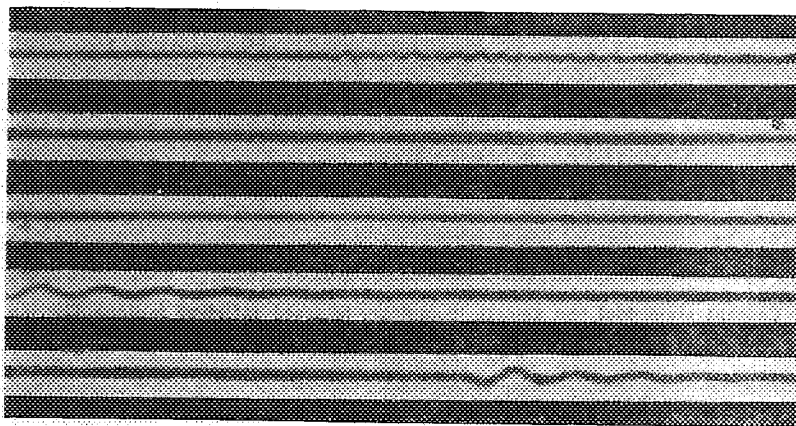


Fig. 2. — Courant sinusoïdal amorti, anomalie inexpliquée, révélée par le tracé supérieur. Vitesse 40^{m} par seconde ; longueurs d'onde 30^{km} et 11^{km}.

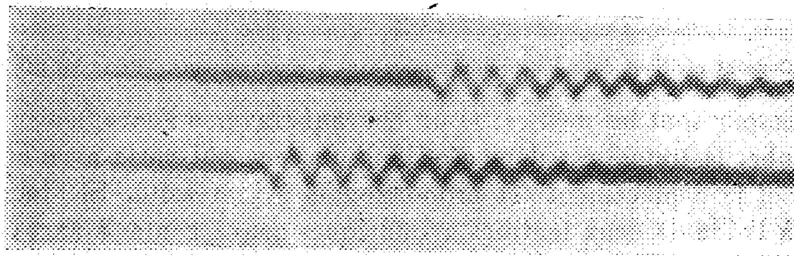


Fig. 3. — Courant sinusoïdal amorti avec harmoniques, fourni par un poste d'avion alimenté par un alternateur γ. Vitesse 100^{m} par seconde ; $\lambda = 6^{km},5$.

Voici maintenant l'oscillographe sans inertie que j'ai réalisé : l'appareil est basé sur la polarisation magnétique du sulfure de carbone ; un tube de verre fermé par des glaces isotropes est recouvert d'un enroulement que le courant doit traverser ; il est rempli de sulfure de carbone ; un faisceau de lumière émané d'un arc, rendu parallèle par une lentille, est polarisé par un nicol, il traverse le tube de sulfure de carbone puis un compensateur de

polarisation rotatoire et un analyseur à angle droit sur le nicol polarisateur. Dans ces conditions, si l'on forme sur un écran une image du compensateur, on a une frange noire aux points pour lesquels les épaisseurs des quartz du

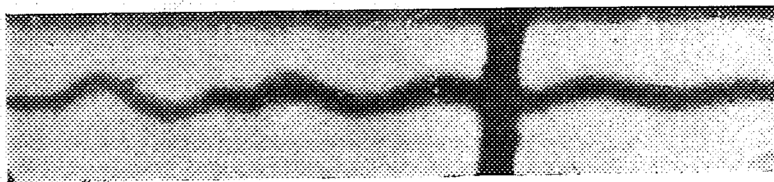


Fig. 4. — Décharge d'un condensateur dans un circuit réactif, anomalie au début de la décharge. Vitesse 150^m par seconde.

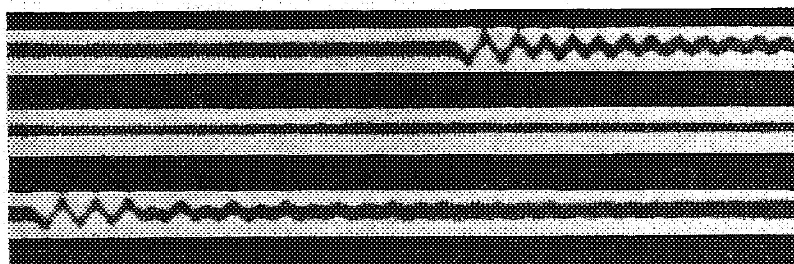


Fig. 5. — Courant sinusoïdal peu amorti, complexe, le tracé inférieur indique l'harmonique 2. Vitesse 38^m par seconde. La période du tracé supérieur va en décroissant.



Fig. 6. — Courant oscillant dans un circuit comprenant 2 condensateurs. Vitesse 30^m par seconde.

compensateur sont les mêmes; si un courant traverse l'enroulement placé sur le tube, la frange est déplacée dans un sens qui varie avec celui du courant et le déplacement est proportionnel à l'intensité. Si l'image est formée à l'aide de deux lentilles cylindriques convergentes à axes croisés, on peut avoir une image du compensateur presque réduite à une ligne, dans laquelle la frange se présente comme un point noir, dont la position variera avec le courant qui magnétise le tube. Cette image se forme sur la pellicule photographique; si le courant est nul le point frange décrit une hélice, s'il existe un courant variable il décrira une courbe dont les ordonnées seront proportionnelles à l'intensité du courant.

Les figures qui accompagnent cette Note reproduisent quelques courbes de courants divers, les vitesses variant de 30 à 150^m par seconde.

SPECTROSCOPIE. — *Le spectre d'étincelle du tungstène dans la région de Schumann.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Brillouin.

Le spectre du tungstène n'a donné lieu jusqu'ici à aucune mesure dans la région de Schumann. La liste qui suit est celle des raies d'étincelle de cet élément entre 1826 et 1453 ångströms. Le complément de cette liste, qui comprend des raies de longueurs d'onde plus grandes et établit le raccord avec les mesures faites récemment par M. Bayen jusqu'à la longueur d'onde 1873 (1), sera publié dans un autre recueil.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
5	1826,45		0	1790,27		0	1757,99	
2	1825,02		0	1789,39		1	1756,80	
0	1824,61		4	1788,90		2	1755,58	
4	1821,38		0	1788,23	double	2	1755,25	
2	1820,83		2	1786,79		2	1754,44	
3	1819,17		2	1785,84	diff.	3	1753,45	
2	1817,60		1	1784,60		1	1752,72	
5	1815,81		6	1783,92		0	1750,12	
2	1814,18	diff.	1	1783,39		0	1749,14	
2	1813,31		1	1782,95		2	1748,20	
5	1812,39		2	1781,47		2	1747,88	
2	1811,40		3	1780,69		0	1747,10	double
1	1809,67	diff. Fe?	0	1780,18		2	1741,66	
3	1808,65		0	1778,05		2	1740,42	
2	1808,27		4	1777,27		0	1739,76	
0	1806,53	diff.	4	1775,90		1	1738,22	diff.
0	1805,89	diff.	1	1773,85	double	0	1736,48	
2	1804,56		0	1773,01		2	1735,76	diff.
2	1804,09		2	1771,93		1	1735,17	
4	1802,37		2	1770,94	diff.	1	1733,88	
3	1800,86		2	1769,57		2	1733,21	
2	1798,20		3	1768,84	diff.	1	1732,89	
1	1797,45		2	1766,74		3	1731,46	
1	1796,87		3	1765,71		0	1730,92	Fe?
3	1795,46		3	1764,21		3	1729,33	
2	1794,76		2	1762,49		3	1728,73	
1	1793,48		1	1761,45	diff. Fe?	2	1728,10	
1	1792,95		1	1760,21	diff.	1	1726,90	
3	1792,26		2	1759,04		0	1726,31	Mn?
1	1791,62		2	1758,48		0	1725,93	

(1) *Comptes rendus*, t. **180**, 1925, p. 57.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
2	1724,87		2	1671,67		1	1607,10	
4	1723,86		3	1669,38		1	1606,36	
0	1722,74	Fe?	1	1667,13		0	1605,63	
1	1721,83		3	1666,16		1	1603,98	
1	1719,61		2	1665,55		1	1602,74	diff.
2	1719,00		2	1665,13		2	1601,33	double
1	1718,47		2	1664,64		1	1600,21	
1	1717,97		1	1662,26	t.diff.	2	1599,80	
1	1717,35		3	1661,12		2	1599,27	
3	1716,50		0	1659,44		1	1598,90	
1	1716,08		3	1653,98		1	1597,74	
0	1715,68		3	1650,79		2	1597,39	
00	1714,76		1	1650,00		2	1596,52	
3	1714,17		2	1648,92		2	1596,12	
2	1713,02	diff.	1	1646,92	diff.Fe?	1	1595,73	
3	1711,70		0	1645,53	diff.	4	1594,13	
0	1711,16	Si?	2	1644,55		1	1593,09	
00	1709,77	Fe?	2	1642,75		1	1592,63	
00	1708,83		0	1640,60	double	2	1591,35	
0	1708,06		2	1639,05	Fe?	2	1590,30	
3	1707,61		0	1636,31		1	1589,17	
2	1705,32		1	1635,50		0	1588,25	Fe?
2	1703,64	diff.	0	1634,45		2	1587,27	
0	1701,10		1	1633,13		0	1585,32	
2	1700,63		0	1632,32		1	1583,20	
1	1699,58		1	1631,21		1	1582,71	
1	1698,82		2	1630,47		0	1580,74	
4	1698,02		1	1628,94	Fe?	0	1580,35	
2	1695,45		1	1628,46		2	1579,96	
2	1694,56		00	1627,56		0	1579,76	
00	1692,35	diff.	00	1627,00		3	1577,85	
3	1691,31		1	1625,66		00	1577,13	
0	1689,31	t.diff.	1	1624,52		1	1576,39	
1	1687,40		00	1623,05		1	1575,69	
1	1686,35	Fe?	0	1622,31		1	1575,05	
1	1684,03		2	1620,95		1	1574,59	
1	1682,97		00	1619,75		1	1574,10	
1	1682,25		2	1618,99		1	1573,36	
1	1681,58		0	1618,23	Fe?	0	1573,04	
2	1680,13	diff.	2	1615,23	diff.	2	1572,34	
2	1676,35		1	1614,25		1	1571,62	
2	1675,60	Fe?	2	1613,65		1	1570,46	
1	1674,21		3	1611,84		2	1569,71	diff.
2	1673,40		2	1610,00	t.diff.	1	1568,91	
2	1672,12		2	1608,32	diff.Fe?	3	1568,04	diff.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
1	1567,08		00	1530,55		2	1497,53	
2	1566,48		1	1529,95		2	1496,07	
0	1565,69		3	1528,99		1	1495,63	
1	1565,25		0	1528,36		2	1492,46	?
1	1564,83		00	1527,91		1	1491,93	
4	1563,84		1	1527,27	Fe?	1	1491,16	
5	1559,25		00	1526,22		1	1489,91	
1	1558,29		1	1525,78		1	1489,01	
1	1557,95		4	1524,90		1	1488,64	
1	1556,82		0	1524,23		1	1487,35	large
2	1555,75	diff.	2	1523,68		1	1486,31	diff.
1	1553,58		00	1523,12		0	1485,54	
4	1553,08		1	1522,56		0	1485,12	
2	1552,70		0	1521,94		0	1484,53	
1	1551,91	Fe?	1	1521,26		0	1483,96	
0	1551,36		2	1520,23	diff.	2	1483,22	
3	1550,76		3	1519,77		00	1482,27	
2	1549,96		0	1518,83		00	1481,55	
2	1549,32		0	1518,25	t.diff.	00	1480,69	
1	1548,93		00	1517,26	t.diff.	3	1479,61	
0	1548,01	double	5	1515,84		1	1478,39	diff.
0	1547,48		3	1515,12		1	1477,06	diff.
0	1546,85		00	1514,01		2	1475,54	t.diff.
2	1546,52		00	1513,32		3	1474,54	
2	1546,24		0	1512,66		00	1473,68	
1	1545,45		0	1512,31		00	1473,03	
1	1545,02		1	1511,71		2	1472,62	
1	1543,46	diff.	1	1511,22		0	1471,73	
0	1543,09		1	1510,58		2	1471,29	
0	1542,35		3	1509,78		1	1470,69	
3	1541,85		3	1508,21		0	1470,21	diff.
0	1541,41		2	1507,44		2	1468,05	
0	1540,82		0	1506,93		1	1467,40	
1	1540,41		2	1506,36		0	1466,30	
2	1539,95		00	1505,58		0	1465,38	
2	1536,16		0	1505,23	Fe?	0	1464,38	
2	1535,68		0	1504,86		00	1462,88	
00	1535,53	Fe?	0	1504,17		1	1462,36	
00	1534,71		4	1503,90		1	1461,68	
2	1533,86		0	1503,05	diff.	00	1460,83	
3	1533,65		2	1501,82		3	1459,84	
2	1533,04		2	1501,27		00	1458,14	
3	1532,88		1	1500,41		00	1457,03	
00	1531,89	Fe	0	1499,81		2	1455,18	t. diff.
00	1531,39	Fe?	2	1498,71		1	1453,41	t. diff.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la formation de milieux optiquement troubles par pénétration d'un liquide transparent dans une résine transparente.* Note de M. CHARLES CHÉNEVEAU, présentée par M. G. Urbain.

Les résines transparentes ne présentent aucune structure particulière ni à de très forts grossissements du microscope, ni à l'ultramicroscope.

Le chauffage, en autoclave, d'un fragment de résine transparente (copal, ambre) plongeant dans l'eau, rend cette matière complètement opaque, au bout d'un temps plus ou moins long. En observant sous le microscope des lames taillées, très minces, ou des éclats, on remarque la présence de petites particules. Des copals naturellement mats, ou du succin laiteux, donnent le même aspect. La matité peut aussi se produire, mais moins profondément, en un même temps, si l'on chauffe dans l'eau, sous la pression atmosphérique, une résine tendre fossile ou de formation récente : on peut d'ailleurs pousser l'expérience jusqu'à la fusion de la résine, comme cela est possible avec de la colophane ; on obtient alors une véritable émulsion d'eau dans la résine fondue. Mais il y alors décomposition et déformation de la matière, absolument comme lorsqu'on fond la résine à l'air. Dans ce dernier cas, il se forme des bulles résultant d'une décomposition spontanée. Leur aspect et leurs dimensions ne les rendent pas comparables aux particules indiquées ci-dessus, et leur présence ne trouble pas la transparence de la résine. Je me suis toujours tenu, dans cette étude, en dehors du cas de la fusion.

En ce qui concerne les résines artificiellement mates : pour les copals peu durs, ou dont le point de fusion est bas, les particules ont la forme sphérique; pour les copals durs et l'ambre, les corpuscules ont plutôt la forme d'ellipsoïdes. Si l'on ne considère que la forme sphérique, l'hétérogénéité de la matière peut déjà expliquer, dans une même résine, la diversité dans la grosseur des corpuscules. On peut dire, cependant, que la plus petite bulle se produit à la surface pour la plus petite pression ou la plus faible température rendant plastique la matière, que ce soit au début ou à la fin de l'expérience, et que le diamètre de la bulle croît avec la pression ou la température, jusqu'à une valeur limite correspondant à la constance de ces grandeurs. Il y aura donc, durant la période qui précède un régime permanent, des particules de diverses dimensions, et, quand le régime permanent est établi, prédominance de l'une d'elles; en général, le diamètre le plus fréquent augmente avec la dureté ou le point de fusion des résines.

Dans les résines naturellement mates, on retrouve les mêmes faits; toutefois dans les résines dures comme l'ambre laiteux, les globules sont plus volontiers sphériques.

Dans tous les cas, on remarque que, si les bulles sont parfois isolées, elles paraissent souvent, au bord comme au centre de l'échantillon, suivies de traînées plus ou moins déliées.

Le phénomène de milieu trouble obtenu est dû à la pénétration de l'eau dans la résine, sous la forme des corpuscules observés; lorsqu'il se produit, la matière est à l'état *plastique* et les traînées ne sont que l'apparence des sillages tracés dans le milieu visqueux par les globules qui peuvent s'y déplacer. L'échantillon de résine ne s'est pas déformé, la matité part des bords en contact avec l'eau et progresse vers le centre.

J'ai fait un certain nombre d'expériences pour montrer que les corpuscules sont bien constitués par de l'eau. Les plus convaincantes sont les suivantes :

La résine mate est moins dure que la résine transparente (¹). Le travail mécanique (tournage, fraisage, etc.) du solide trouble, effectué à sec, donne, comme déchets, une pâte humide. En faisant un repère à l'encre de Chine sur une lame de copal tendre mat, j'ai craquelé la masse; à la faveur des fissures, l'eau des sphérules a pu ainsi s'agglomérer en gouttes et dissoudre l'encre. Cette expérience a pu être répétée en employant de l'éosine. L'essai le plus net a été fait en chauffant dans de l'eau colorée bouillante, sous la pression atmosphérique, un petit fragment de copal tendre : on observe une infinité de petites bulles colorées sur fond blanc.

Dans la vapeur, en autoclave, on obtient parfois une matité plus ou moins complète qui est certainement due aux vésicules d'eau condensée.

Une théorie simple, qu'on trouvera dans un Mémoire plus étendu, permet d'expliquer les faits précédemment énoncés, ainsi que la formation de bulles ellipsoïdales ou sphériques dans une résine homogène. Elle relie la plasticité à la viscosité; elle rend compte du jeu des actions capillaires et du déplacement des particules qu'elles ont aidé à créer. J'ai pu déterminer, pour la vérifier par une expérience directe, la tension superficielle (13 dynes/cm) et la viscosité (6.10^5 C.G.S.) d'un copal blanc du Gabon, assez homogène, chauffé, à la pression atmosphérique, dans de l'eau bouillante.

(¹) MM. Coffignier et Nicolardot ont reconnu que la dureté du succin laiteux est environ les trois quarts de celle du succin ambré.

D'autre part, comme le montrent les veines de l'ambre et des résines fossiles, la pénétration de l'eau, se faisant de façon différente dans une résine naturelle dont la composition n'est pas rigoureusement homogène, donne un moyen physique de les déceler.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherche des spectres gamma caractéristiques par diffraction cristalline.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Comme de précédentes Notes (¹) l'ont montré, il est possible d'atteindre les diverses fréquences monochromatiques d'un rayonnement γ complexe en convertissant ces radiations en spectres β, par effet photo-électrique sur divers éléments, et en mesurant les énergies des divers flots électroniques ainsi émis.

La méthode de la diffraction cristalline, appliquée avec tant de succès aux rayons X, peut fournir également, par une voie plus directe, une détermination des longueurs d'onde du rayonnement γ. Mais la petitesse des angles de réflexion sélective avait limité jusqu'ici les mesures à un quantum de 170 000 volts (Rutherford et Andrade) (²).

1. J'emploie la méthode du cristal tournant et d'enregistrement photographique de de Broglie : une longueur d'onde λ est réfléchie sur la surface cristalline sous l'angle de réflexion sélective α tel que

$$\sin\alpha = \frac{n\lambda}{2d}.$$

Pour les rayons γ l'angle α ne dépasse guère une fraction de degré : une telle « incidence rasante » nécessite des réglages soignés.

Le pinceau γ, finement délimité par de longues fentes en plomb, tombe sur un cristal de sel gemme porté par un goniomètre de précision et entraîné au moyen d'un mouvement d'horlogerie à une vitesse de moins de 1° en 24 heures. Les longueurs d'onde réfléchies et sélectionnées s'inscrivent sur une plaque photographique. Ces diverses pièces sont alignées à la lunette sur un bon banc d'optique.

Il n'est pas fait usage du champ magnétique intense destiné, dans l'esprit

(¹) Jean Thibaud, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1706, et t. 179, 1924, p. 165, 815, 1502 et 1322.

(²) Rutherford et Andrade, *Phil. Mag.*, t. 27, 1914, p. 835, et t. 28, 1914, p. 263.

des précédents auteurs, à l'élimination des corpuscules émis soit par la source, soit par effet secondaire du rayonnement pénétrant. Il n'en résulte pas de voile sensible, en dépit de la longueur des poses (40 à 200 heures). La dispersion du spectrographe est assez considérable (45^{cm} à 65^{cm} entre la source et la plaque).

Les sources utilisées étaient des tubes de verre renfermant 40^{mg} de bromure de radium (Ra B + C) en équilibre avec ses produits, soit une préparation de mésothorium dont l'activité globale équivalait à celle de 15^{mg} de $RaBr^2$, soit enfin une préparation de radiothorium de 49 millicuries ([1]).

2. Les spectres γ obtenus présentent des raies fines et nettes sans apparence de bandes continues. Les mesures ont donné les longueurs d'onde suivantes (à 2 pour 100 près) :

TABLEAU I.

Rayonnement d'un tube de radiothorium (ou de mésothorium).

Nos.	Intensité.	Longueur d'onde en angströms.	Énergie en volts.	Origine.
1....	forte	0,168	73,500	»
2....	forte	0,145	85,000	Rd Th
3....	faible	0,062	198,600	»
4....	moyenne	0,052	236,000	Th B

Le spectre obtenu avec le radium confirme les deux raies signalées par Rutherford vers 1°30'.

3. J'ai d'autre part étudié l'émission photo-électrique provoquée par le rayonnement γ du même tube de radiothorium dans une lame de plomb au moyen de l'appareil décrit précédemment (1). Le spectre β obtenu présente les raies suivantes :

TABLEAU II.

Intensité.	RH cm-gauss.	Énergie en volts.	Niveau d'origine.	Énergie du rayon γ excitateur.	Origine du rayon γ.
Très fort	1375	145700	K	233300	Th B
Assez fort	1570	185000	K	273000	Th C''
Moyen	1698	210800	K	298000	Th B

Cette méthode indirecte donne aux erreurs près la même valeur pour le

([1]) Ce dernier produit a été fractionné à l'Institut du Radium par M. Yovanovitch et mis à ma disposition par Mme Curie.

rayon γ de 236 kilovolts que la diffraction cristalline. Ce même rayon a été également signalé par Mlle Meitner et par Ellis (1).

Pour expliquer deux lignes du spectre β naturel du radiothorium Mlle Meitner prévoyait l'émission par ce corps d'un rayon de 0,146 Å, qui correspond bien au rayon 2.

Enfin le rayon 1 dont la longueur d'onde est inférieure à celles pouvant être émises par les éléments présents, paraît bien être un rayon γ plutôt qu'un des rayons X caractéristiques de ces éléments.

(Les deux rayons γ de 273 et 298 kilovolts déterminés par le spectre photo-électrique, mais plus faibles que le premier, n'ont pu encore être décelés par diffraction.)

4. *La diffraction cristalline fournit une excellente confirmation des valeurs attribuées aux fréquences γ par la méthode des spectres β excités.*

Les résultats précédents mettent en évidence la possibilité d'appliquer les lois de la diffraction cristalline (et principalement la relation $n\lambda = 2d\sin\alpha$) à des rayons pénétrants dont le quantum atteint 236 kilovolts. Il sera probablement possible d'aller plus loin encore dans cette voie.

PHYSICO-CHIMIE — *Absorption ultraviolette des pétroles.* Note (2) de M. **Fred Vlès** et Mlle **Madeleine Gex**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons examiné les courbes spectrophotométriques ultraviolettes entre λ220mμ et le spectre visible, d'huiles brutes de pétrole [Pechelbronn (3)] et de la série de leurs divers produits de séparation et de raffinage. Les corps ont été examinés pour la plupart en solution dans le $CHCl^3$, sous des épaisseurs de l'ordre 0, 2 à 1mm,5. La technique spectrophotométrique utilisée a été celle décrite antérieurement (4).

De la façon la plus générale les spectres ultraviolets de ces corps se composent de cinq zones principales d'absorption caractéristiques, formant des bandes ou des groupes de bandes, dont les sommets sont respective-

(1) Mlle Meitner, *Z. f. P.*, t. 9, 1922, p. 131 et 145. — Ellis, *Proc. Cambr. Phil. Soc.*, vol. 21, 1922, p. 121.

(2) Séance du 29 décembre 1924.

(3) La Société anonyme d'exploitations minières de Pechelbronn nous a aimablement fourni des séries d'échantillons d'huiles et de leurs dérivés.

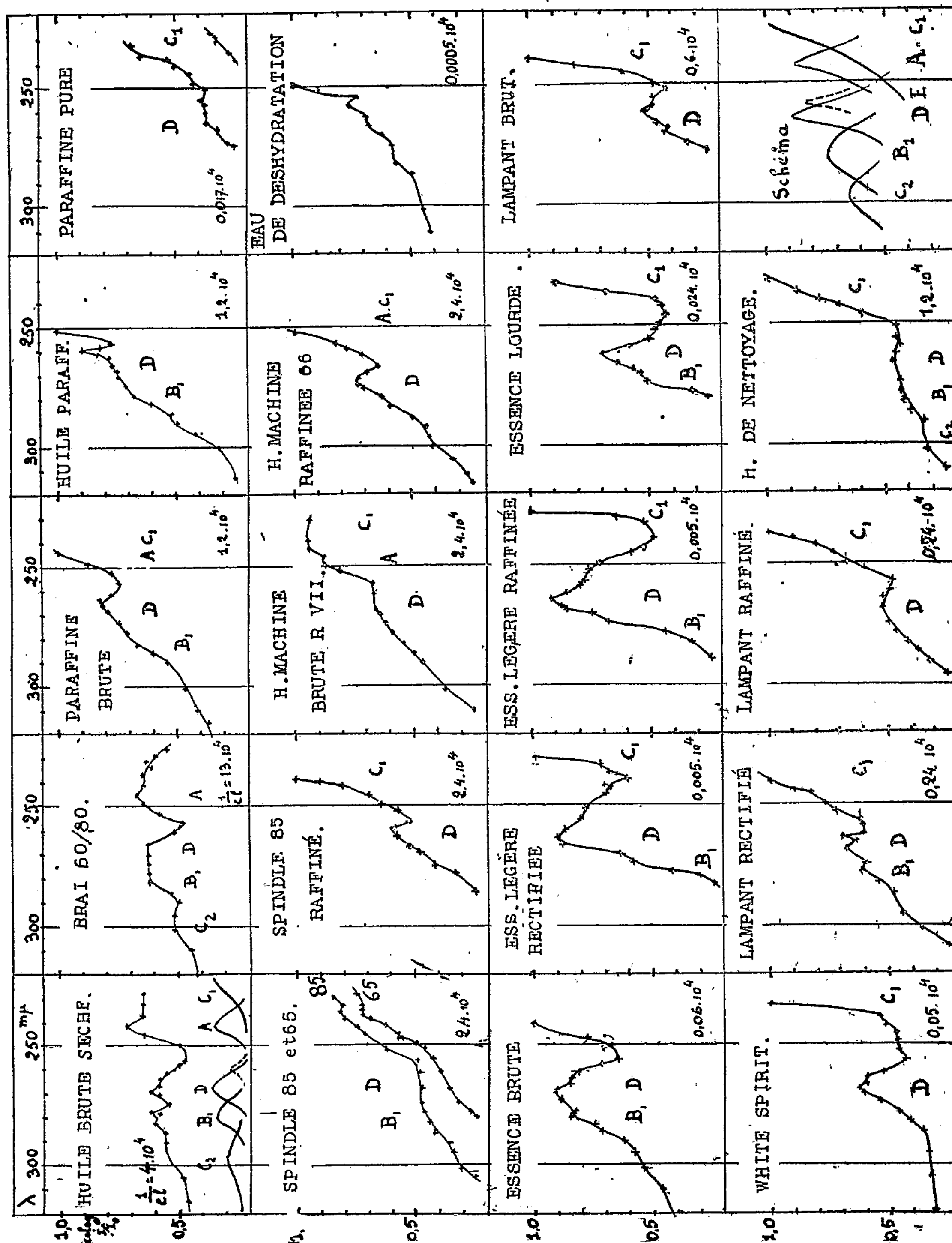
(4) Vlès, *Archiv. Phys. Biol.*, t. 1, 1921, p. 1. — Cf. Amuat, *Thèse de Doctorat* (Strasbourg, 1923). — Hessel, *Archiv. Phys. Biol.*, t. 3, 1924, p. 201.

ment $\lambda^{m\mu}$ 300 (bande C_2), 280 (bande B_1), 265 (bande D), 242 (bande A), $<$ 240 (bande C_1).

Dans ces conditions l'huile brute sèche possède les cinq bandes caractéristiques représentées à peu près également, avec décroissance progressive légère vers les forts λ. La séparation des produits qui proviennent de cette huile brute tend, d'une manière générale, à introduire des modifications en importance absolue ou relative des divers compartiments spectraux : certaines bandes diminuent régulièrement au cours de la série des séparations; d'autres se renforcent à certains moments, rendant compte de la surconcentration de certaines fractions.

C'est ainsi que dans la série de séparation qui conduit de l'huile brute vers le brai sec, on assiste à une amplification générale des bandes, sauf C_1; la série vers la paraffine brute et les huiles machines présente une différenciation progressive de la bande D, qu'accompagnent comme satellites moins importants B_1 et C_2; inversement dans la série qui conduit par les essences brutes aux essences légères raffinées, la même bande D subit une diminution notable; mais les bandes voisines B_1 et A diminuent encore plus vite qu'elle et disparaissent presque complètement, de sorte que D finit par être nettement isolée et différenciée. La bande B_1 est surtout importante dans le brai et dans les huiles de nettoyage; la bande A, dans les divers échantillons où elle est représentée, cède en général au raffinage; le rapport $\frac{D}{A}$ est légèrement plus petit que 1 dans les produits les plus primitifs; il tend à diminuer dans la série des spindles-machines; et au contraire à devenir plus grand que 1 dans les essences et les lampants avec le raffinage. Il n'est pas impossible que la bande D possède comme contrefort une bande plus petite E (λ 260), qui prendrait de l'importance à ses dépens dans certains cas (eau de déshydratation de l'huile brute, huile paraffineuse, spindle raffiné).

Pour les divers corps examinés en solution, la loi de Beer-Lambert cadre de façon inégale, l'accord étant sensiblement réalisé entre certaines limites de concentration pour quelques fractions (essence légère), et au contraire toujours nettement en désaccord dans d'autres. En outre les phénomènes se compliquent du fait que, pour certains de ces produits (white-spirit et brai), les solutions ne sont pas restées identiques à elles-mêmes, et ont évolué dans les conditions expérimentales; c'est ainsi que dans une solution de brai la bande C_2 a pu disparaître en 18 jours. Pour d'autres corps enfin le spectre varie avec la concentration, des bandes peuvent se modifier aux



HUILE BRUTE SECHE.
BRAI 60/80.
PARAFFINE BRUTE
HUILE PARAFF.
PARAFFINE PURE
SPINDLE 85 et65.
SPINDLE 85 RAFFINÉ.
H. MACHINE BRUTE R VII.
H. MACHINE RAFFINEE 66
EAU DE DESHYDRATATION
ESSENCE BRUTE
ESS. LEGERE RECTIFIEE
ESS. LEGERE RAFFINÉE
ESSENCE LOURDE.
LAMPANT BRUT.
WHITE SPIRIT.
LAMPANT RECTIFIÉ
LAMPANT RAFFINÉ.
H. DE NETTOYAGE.
Schéma

fortes dilutions (par exemple l'essence légère raffinée). Il est par conséquent impossible de tirer d'une façon générale et pour tous les corps à la fois, des constantes d'absorption rigoureuses.

Le graphique ci-contre laissera juger de l'évolution des bandes; afin de permettre une comparaison commode, on a représenté uniquement les valeurs de col. $\frac{I}{I_0}$ des solutions ayant servi pour l'examen, en joignant pour chaque corps un coefficient $\frac{1}{cl}$ qui représente, avec une approximation dépendant des écarts de la loi de Beer, l'ordre de grandeur de l'absorption absolue du produit.

Il est encore impossible pour le moment de déterminer avec certitude la nature des constituants auxquels se rapportent chacune des cinq bandes caractéristiques; il est infiniment probable cependant que, dans la bande la plus réfrangible C_1, les carbures acycliques saturés peuvent avoir une part prépondérante; au contraire les quatre bandes des plus grandes longueurs d'ondes ne doivent pas correspondre à des carbures acycliques saturés; les carbures cycliques, saturés ou non, y jouent vraisemblablement un rôle. La séparation de ces corps est à l'étude.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formation directe des oxychlorures de mercure.* Note de M. **H. Pélabon**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons déjà signalé que, dès la température ordinaire, l'oxyde de mercure s'unit au sublimé en présence de l'eau, même si l'on opère dans des tubes en quartz pour éviter toute trace d'alcali qui pourrait provenir du verre (¹).

En reprenant à 15° les expériences réalisées par Toda (²) à une température plus élevée (35°), nous avons pu constater la production de trois oxychlorures : $4HgO.HgCl^2$, $2HgO.HgCl^2$, $HgO.2HgCl^2$. Ce dernier composé n'a pu être aperçu par Toda, car il ne se forme pas à 35°. Contrairement aux deux premiers oxychlorures qui sont respectivement marron et noir, le troisième composé est blanc et reste facilement en suspension dans l'eau.

Pour mettre en évidence la production des trois oxychlorures, nous

(¹) Pélabon, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1971.
(²) Toda, *J. Chem. Soc. Japan*, t. 43, 1922, p. 312.

avons introduit dans des tubes en quartz des masses connues des trois corps : sublimé, oxyde rouge de mercure et eau. Après dix jours d'agitation, l'équilibre est atteint et l'on peut doser le chlorure mercurique resté en solution. La proportion de chlorure dissous reste constante et égale à la concentration c du sublimé dans l'eau pure pour la température 15°, tant que la masse de sublimé contenu dans le résidu solide reste supérieure à celle qui correspond à l'oxychlorure $HgO.2HgCl^2$. Aussitôt que ce résidu devient plus riche en oxyde, la concentration de la solution prend brusquement une valeur moindre c' qu'elle conserve jusqu'au moment où la masse d'oxyde est insuffisante pour donner un résidu solide répondant à la composition $2HgO.HgCl^2$. Le dépôt solide des tubes est formé des deux oxychlorures séparables à la centrifugeuse, le composé noir étant le plus dense. La solution de sublimé en équilibre avec le composé $2HgO.HgCl^2$ a une concentration c'' sensiblement moitié de c'. Enfin le dernier oxychlorure $4HgO.HgCl^2$ est en équilibre avec l'eau presque pure.

Voici du reste les nombres que nous avons obtenus pour une température voisine de 15° :

c	(concentration du liquide en équilibre)	avec	$HgCl^2$........	5g,42 pour 100
c'	»	»	$HgO.2HgCl^2$..	3,36 »
c''	»	»	$2HgO.HgCl^2$..	1,60 »
c'''	»	»	$4HgO.HgCl^2$..	traces

Chaque composé est donc en équilibre avec une solution de sublimé de concentration bien déterminée et si deux composés sont en présence, le liquide en équilibre avec les solides prend la concentration qui se rapporte à l'oxychlorure le plus riche en chlorure.

Les mêmes oxychlorures prennent naissance directement si l'on remplace l'eau par l'alcool absolu ou par un mélange d'alcool et d'eau.

Avec l'alcool absolu l'équilibre est atteint beaucoup plus vite; deux jours d'agitation suffisent. Les concentrations limites qui ont des valeurs notablement plus grandes sont représentées par C, C', C'' et C''' dans le tableau suivant pour la même température 15° :

C........................	37g,20 pour 100
C'........................	19,60 »
C''........................	9,15 »
C'''........................	0,25 »

Remarque. — L'oxychlorure blanc $2HgCl^2.HgO$ ne se forme pas si la température dépasse 30° ou si le mélange n'est pas agité de suite. Un tube

contenant 20^{cm^3} d'eau, 0,018 mol-gr de sublimé et 0,002 mol d'oxyde rouge de mercure, a été agitée de suite à 15°. Après 15 jours d'agitation, il renfermait l'oxychlorure blanc et un excès de $HgCl^2$. Au contraire, un tube garni des mêmes corps dans des proportions identiques, abandonné au repos à la même température, montrait après trois jours seulement que tout l'oxyde (que l'on avait eu soin de placer au-dessous du sublimé) était complètement transformé en oxychlorure noir. Il est intéressant de remarquer que dans des conditions identiques, l'oxyde jaune ne change pas de couleur, même après deux mois de contact avec le sublimé en présence d'eau. Mais en agitant longtemps on arrive au même équilibre dans tous les cas avec les deux oxydes. Toutes les expériences relatées plus haut ont été répétées en remplaçant les tubes de quartz par des tubes en verre ordinaire à base de soude et par des tubes en verre d'Iéna à base de potasse. Ces derniers se comportent à peu près comme les tubes de quartz mais dans les tubes en verre ordinaire l'équilibre s'établit en un temps notablement plus court; de plus les nombres c, c', ... augmentent sensiblement avec la durée d'agitation. On peut dire que le verre joue dès le début le rôle de catalyseur par l'alcali qu'il fournit, mais qu'à la longue l'équilibre est modifié.

En résumé, les trois oxychlorures $HgO.2HgCl^2$, $2HgO.HgCl^2$, $4HgO.HgCl^2$ peuvent se former directement en présence de l'eau et de l'alcool si la température est assez basse. Le premier qui est blanc ne se forme pas si la température dépasse 30°, mais quand il est obtenu, on peut le porter même à 100° sans qu'il se détruise.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les aptitudes migratrices du radical α-naphtyle.* Note (¹) de M. **Émile Luce**, présentée par M. Béhal.

Les travaux de Montagne (²) et Koopal (³) sur les groupes phényles halogénés, de MM. Tiffeneau et Orekhoff (⁴) sur les radicaux tolyle et para-anisyle ont développé nos connaissances sur les aptitudes migratrices des radicaux phénylés. Il n'en est pas de même en ce qui concerne la manière

---

(¹) Séance du 29 décembre 1924.

(²) Montagne, *Rec. Tr. ch. Pays-Bas*, t. 24, 1905, p. 105; t. 26, 1907, p. 253; t. 29, 1910, p. 136 et 150.

(³) Koopal, *Rec. Tr. ch. Pays-Bas*, t. 34, 1915, p. 115.

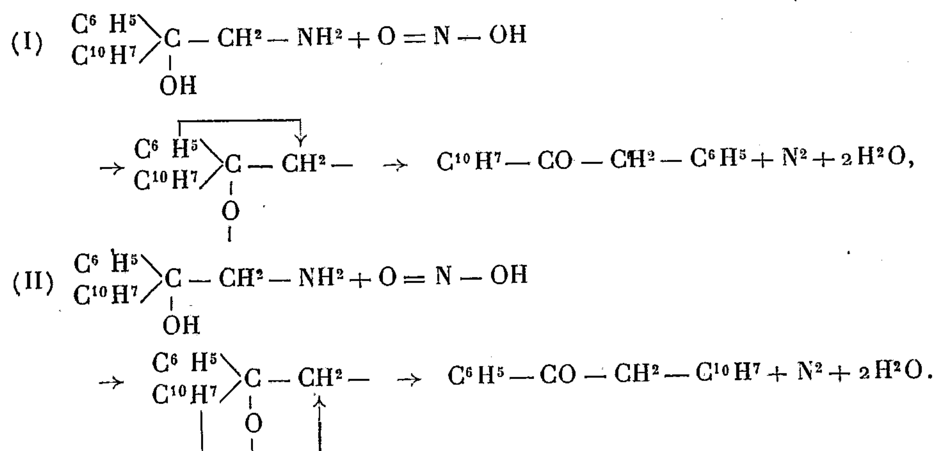
(⁴) Tiffeneau, *Ann. Chim. Phys.*, 8ᵉ série, t. 10, 1907, p. 360. — Tiffeneau et Orekhoff, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 29, 1921, p. 445, et 4ᵉ série, t. 35, 1924, p. 924.

de se comporter du groupe α-naphtyle vis-à-vis des autres radicaux. Je me suis proposé d'étudier les aptitudes migratrices de ce radical dans les transpositions des iodhydrines et des amino-alcools.

J'ai tout d'abord essayé la méthode des iodhydrines de M. Bougault ([1]), employée par M. Tiffeneau pour comparer le phényle au tolyle. A cet effet, j'ai préparé le phényl-α-naphtyléthylène dissymétrique $C^{10}H^7(C^6H^5)C = CH^2$ déjà obtenu par Acree ([2]), et, pour la première fois, le phényl-α-naphtylpropylène $C^{10}H^7(C^6H^5)C = CH - CH^3$, fusible à 55°-61°, distillant à 232°-236° sous 22-23^{mm}. Malheureusement, les iodhydrines de ces carbures, traitées par NO^3Ag ou HgO, régénèrent le carbure initial par enlèvement de IOH.

Je me suis alors adressé à la méthode de désamination semi-pinacolique, décrite récemment par Mc Kenzie et Roger ([3]), et appliquée par MM. Orekhoff et Roger ([4]) aux amino-alcools dissymétriques. Dans cette méthode, on fait agir l'acide nitreux sur les amino-alcools, et le diazoïque, transitoirement formé, donne, par perte d'azote et d'eau, une cétone avec transposition semi-pinacolique.

J'ai étudié, à cet effet, le 2-phényl-2-(α-naphtyl)-aminoéthanol qui devait donner soit l'α-naphtylbenzylcétone (I) par migration du groupe C^6H^5, soit l'α-naphtylacétophénone (II) par migration du groupe α-$C^{10}H^7$.



([1]) Bougault, *Comptes rendus*, t. 131, 1900, p. 529, et *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 23, 1900, p. 760.

([2]) Acree, *Berichte*, t. 37, 1904, p. 2753.

([3]) Mc Kenzie et Roger, *J. Chem. Soc.*, t. 125, 1924, p. 844.

([4]) Orekhoff et Roger, *Bull. Soc. chim.*, procès-verbal, séance du 28 novembre 1924.

Le 2-phényl-2-(α-naphtyl)-aminoéthanol a été obtenu en condensant l'aminoacétophénone sous forme de chlorhydrate avec le dérivé magnésien de l'α-bromonaphtalène. Cette base se présente sous forme de jolies aiguilles cristallines, incolores, fusibles à 161°, peu solubles dans l'éther et le benzène; son chlorhydrate fond en se décomposant à 244° (non corrigé); son chloroplatinate se décompose graduellement à partir de 187°.

En ajoutant une solution de nitrite de soude à une solution acétique de cet aminoalcool, le liquide se trouble immédiatement; peu à peu, des paillettes nacrées se déposent qui, après recristallisation dans l'alcool à 80°, sont fusibles à 56°,5-57° (1).

Si l'on se rapporte à un travail déjà ancien de C. Graebe et H. Bungener (2), on trouve la description d'une naphtylbenzylcétone, fusible à 57°, dont le point de fusion paraît correspondre exactement au produit que j'ai obtenu; on serait donc tenté de conclure à la migration du groupe phényle comme dans la réaction (I). Toutefois, cette conclusion sur la prédominance migratrice du phényle sur le naphtyle me parut en contradiction avec divers travaux antérieurs. Aussi, ai-je tenu à répéter le travail de C. Graebe et H. Bungener en condensant, selon la méthode de Friedel et Crafts, le chlorure de phénylacétyle avec le naphtalène. Le produit que j'ai tout d'abord isolé fondait effectivement à 56°-59°; mais il n'était pas pur. Une purification très soignée m'a permis de séparer deux naphtylbenzylcétones, l'α, cristallisant en paillettes feutrées, incolores, fusibles à 64°,5-65°, la β, cristallisant en petits prismes trapus, fusibles à 99°,5, donnant une combinaison moléculaire avec l'acide picrique (3).

Ainsi, les points de fusion de l'α-naphtylbenzylcétone et de la cétone que j'ai obtenue dans la désamination semi-pinacolique du 2-phényl-2-α-naphtylaminoéthanol sont nettement différents. *Par conséquent, le produit de transposition n'est certainement pas l'α-naphtylbenzylcétone; ce ne peut être que la cétone isomère, l'α-naphtylacétophénone, formée avec migration du radical α-naphtyle.*

Conclusions : 1° Dans la désamination semi-pinacolique du 2-phényl-

(1) Le produit ne donne pas de semi-carbazone; il donne une oxime fusible assez mal entre 143° et 151°.

(2) C. Graebe et Bungener, *Berichte*, t. 12, 1879, p. 1078.

(3) Pour attribuer d'une façon certaine à chacune des cétones obtenues sa véritable forme isomérique, j'ai effectué la synthèse de la cétone α en condensant l'aldéhyde phénylacétique avec l'α-$C^{10}H^7MgBr$ et oxydant ensuite l'alcool. Le produit ainsi préparé est fusible à 64°,5-65°. On n'observe aucune dépression dans le point de fusion en le mélangeant au composé obtenu dans la réaction de Friedel et fusible au même point.

2-α-naphtylaminoéthanol, il y a migration, probablement exclusive, du radical α-naphtyle, ce qui démontre que l'aptitude migratrice de ce radical est nettement supérieure au phényle dans cette réaction.

2° Dans l'action du chlorure de phénylacétyle sur le naphtalène, il se produit deux benzylnaphtylcétones, l'α, fusible à 64°,5-65°, la β, fusible à 99°,5. Le corps obtenu par Graebe et Bungener dans cette réaction est donc un mélange et doit être rayé de la littérature chimique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur le pouvoir rotatoire des corps cholestériques.* Note de M. **Royer**, présentée par M. Pierre Termier.

Les conclusions qui se dégagent d'une série de mesures de pouvoir rotatoire dans les substances à phase cholestérique sont les suivantes :

1° Dans ces substances le pouvoir rotatoire énorme caractéristique de la phase cholestérique est dû à la structure particulière de cet état (1). Il s'explique par la présence à la fois d'une forte torsion spontanée de la substance et par une biréfringence notable.

2° Le pouvoir rotatoire est d'autant plus petit que le pas de l'enroulement hélicoïdal est plus petit, ou ce qui revient au même que la torsion est plus forte. Dans le cas du mélange de 2,75 parties de cyanobenzalaminocinnamate d'amyle pour 1 partie de benzoate de cholestérine on observe une augmentation notable du pas de l'enroulement quand on augmente la température à partir du premier point de transformation T_1 jusqu'à une température θ pour laquelle la phase cholestérique passe à la phase nématique (2). De T_1 à θ le pouvoir rotatoire augmente constamment et atteint dans le voisinage de θ une valeur 7 fois supérieure à celle qu'il a près de T_1. Au-dessus de θ l'édifice est à enroulement gauche tandis qu'en dessous de θ il est à enroulement droit. Les mesures de pouvoir rotatoire nous ont permis de constater la symétrie du phénomène par rapport à la température θ. De part et d'autre de θ on trouve pour la longueur d'onde $\lambda = 510^{m\mu}$ un pouvoir rotatoire de $+135,8$ tours par millimètre et de $-136,5$ tours par millimètre.

3° L'observation expérimentale montre que dans tous les autres cas le pouvoir rotatoire va toujours en décroissant quand la température aug-

(1) G. Friedel, *Ann. de Phys.*, t. 18, 1922, p. 419.
(2) G. Friedel et L. Royer, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1607-1610.

mente. Il y a là une différence entre le pouvoir rotatoire cholestérique et le pouvoir rotatoire moléculaire des cristaux qui souvent augmente avec une élévation de la température. Par contre il y a analogie complète au point de vue de la variation avec la température entre le pouvoir rotatoire cholestérique et le pouvoir rotatoire magnétique.

4° L'étude des mélanges nous révèle une autre différence entre le pouvoir rotatoire cholestérique et le pouvoir rotatoire moléculaire. Dans ce dernier en effet on constate dans l'étude des mélanges d'un corps actif avec un corps inactif que le pouvoir rotatoire du mélange résultant est proportionnel à la quantité de substance active, sauf dans certains cas où il se produit des complications d'ordre chimique. Dans le cas des mélanges à phase cholestérique d'un corps nématique avec un corps cholestérique, c'est le mélange à faible teneur en corps actif qui est doué d'un pouvoir rotatoire bien plus grand que le mélange à forte teneur en corps cholestérique.

5° La dispersion rotatoire des corps cholestériques présente également quelques caractères spéciaux. Dans beaucoup de cas on constate une inversion du signe du pouvoir rotatoire de part et d'autre d'une longueur d'onde Λ pour laquelle il n'y a pas de pouvoir rotatoire. Mais ici aussi il y a une différence marquée entre l'inversion du pouvoir rotatoire moléculaire et celle du pouvoir rotatoire cholestérique. Dans les liquides actifs colorés montrant le phénomène de Cotton l'inversion se fait d'une manière continue par le passage par la valeur O pour le pouvoir rotatoire pour une certaine longueur d'onde; dans les substances cholestériques au contraire le pouvoir rotatoire passe d'une manière discontinue d'une valeur $+R$ à une valeur $-R$, où R est grand. On ne retrouve cette dispersion spéciale que dans la dispersion rotatoire magnétique. En dédoublant au moyen d'un champ magnétique la raie D_1 du sodium en deux autres raies de longueurs d'ondes λ_1 et λ_2, M. Zeeman [1] a mesuré le pouvoir rotatoire magnétique entre les raies λ_1 et λ_2 et de part et d'autre de λ_1 et de λ_2.

La courbe de la dispersion rotatoire magnétique obtenue par M. Zeeman a la même allure que celle donnant la dispersion rotatoire d'un grand nombre de substances cholestériques. Aussi bien de part et d'autre de Λ que de λ_1 et de λ_2 le signe du pouvoir rotatoire est différent; dans les deux cas ce changement de signe se fait de la même manière. L'analogie est d'autant plus frappante que dans les deux cas les longueurs d'ondes d'inver-

[1] ZEEMAN, *Arch. Néerl.*, t. 7, 1902, p. 465.

sion, Λ pour le pouvoir rotatoire cholestérique, λ_1 et λ_2 pour le pouvoir rotatoire magnétique, ont même état de polarisation : elles sont polarisées circulairement.

GÉOLOGIE. — *Sur un mode de* capture *par* érosion souterraine, *spécial à certains* bassins fermés *de la chaîne du Jura*. Note [1] de M. E. FOURNIER, présentée par M. Pierre Termier.

Il existe, dans la chaîne du Jura, un très grand nombre de dépressions privées d'écoulement superficiel, comparables à celles du Karst et du Péloponèse, et auxquelles on a donné le nom de Bassins fermés. Parandier [2] a depuis longtemps insisté sur leur importance, notamment dans le Doubs, où, d'après ses études, ces dépressions occupent plus du quart de la superficie du département. Ch. Jacot et Guillarmod ont, plus récemment, pour le Jura suisse, dressé une carte au $\frac{1}{100\,000}$ de ces dépressions [3]. J'ai, d'autre part, montré le rôle joué par ces dépressions dans la contamination des Résurgences.

Beaucoup de ces bassins fermés (marais de Saône, bassins de Nancray, de Champlive, de Sancey et du Puits-Fenoz) sont situés dans des zones de plateaux et ne sont par conséquent pas en relations avec une structure tectonique spéciale.

Mais, par contre, dans la *haute-chaîne*, on peut distinguer deux catégories de bassins fermés d'origine structurale. Les uns occupent le noyau de *Brachysynclinaux* formés par l'*Infracrétacé* (lacs des Rousses et de Joux, lac de l'Abbaye de Grandvaux, bassins de Noël-Cerneux, du Russey, d'Arc-sous-Cicon, etc.); les autres correspondent au noyau de *Brachyanticlinaux* dans lesquels les affleurements des marnes de l'*Oxfordien* forment les bords de la cuvette imperméable (le Mémont, les Seignes de Damprichard, les Seignes de Charquemont, les Seignes de Saint-Julien, du Bélieu, de Passonfontaine etc.).

Les bassins fermés brachysynclinaux arrivent fréquemment, au cours de leur évolution, à transformer leur exutoire souterrain en écoulement à

---

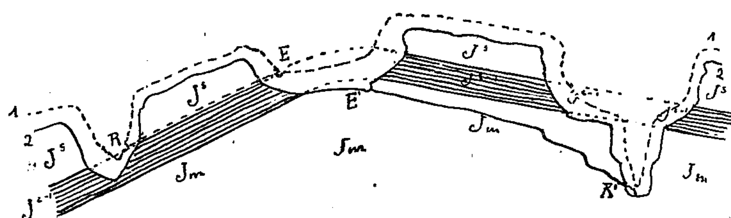
(1) Séance du 5 janvier 1925.

(2) PARANDIER et DUHAMEL, *Ann. Soc. Agric.*, *Hist. nat. etc. de Lyon*, 3e série, t. 3, 1859, p. 260-304. Lamairesse avait aussi établi des cartes schématiques des bassins fermés du département du Jura dès 1874.

(3) Voir DE MARGERIE, *Le Jura*, pl. XXVIII et XXIX.

l'air libre, par suite de l'effondrement des voûtes amenant la transformation du cours d'eau souterrain en cours superficiel; c'est ce qui s'est produit par exemple pour le lac de Chaillexon (Bassins et Saut du Doubs). Parfois des déversoirs souterrains subsistent concurremment avec l'exutoire subaérien principal (Ex. : bassin de Frasne, la Rivière, Pontarlier); il peut alors en résulter des captures partielles (Drugeon, Doubs, partiellement dérivés au profit de la Loue), ou même totales : nous avons cité naguère de nombreux exemples de ces captures.

Mais les bassins fermés brachyanticlinaux ont un régime beaucoup plus spécial et présentent, au cours de leur évolution topographique, de très curieux phénomènes de capture très différents des précédents et dont nous allons essayer de donner ici une idée générale et de citer quelques exemples.



1, profil (en pointillé) correspondant à un premier stade d'érosion; 2, profil (en trait plein) correspondant à une deuxième phase du modelé; E, entonnoir absorbant les eaux pendant le premier stade; R, résurgence correspondant au premier stade; E', entonnoir d'absorption correspondant à la deuxième phase; R', résurgence correspondant à la deuxième phase; J_m, calcaires fissurés du Jurassique moyen (Bathonien et Bajocien); J^{2-1}, marnes oxfordiennes imperméables (épaisseur 100^m); J^5, calcaires fissurés du Jurassique supérieur.

Tant que l'érosion n'a fait qu'entamer partiellement les marnes de l'Oxfordien, le fond de la cuvette, constitué par ces marnes, reste imperméable et l'écoulement souterrain du bassin fermé ne peut s'effectuer que par des entonnoirs creusés dans les calcaires du Rauracien et de l'Astartien formant sa bordure (entonnoir E du schéma ci-dessus); la résurgence des eaux ne peut alors se faire que dans une vallée où affleurent les calcaires du Rauracien et de l'Astartien J^5, reposant sur les marnes imperméables J^{2-1} de l'Oxfordien. Un premier stade du régime hydrologique correspond donc à la formation d'un réseau souterrain ER circulant dans le Jurassique supérieur.

Mais lorsque le creusement est arrivé à décaper complètement les marnes de l'Oxfordien dans le fond de la cuvette, le substratum Bathonien calcaire est mis à nu, et les eaux, s'infiltrant dans les fissures du Jurassique moyen J_m, élargissent ces fissures et forment des entonnoirs E' dont les résurgences R'

ne peuvent se trouver que dans des vallées assez profondes pour avoir entamé le Bathonien ou même le Bajocien. Une deuxième phase de modelé commence alors, correspondant à la constitution d'un nouveau réseau souterrain E′R′, creusé dans les calcaires du Jurassique moyen; les eaux du bassin fermé se trouvent donc capturées partiellement ou totalement par ce nouveau réseau.

Les marnes oxfordiennes ayant une épaisseur de 100^m, il y a souvent une grande différence d'altitude entre les entonnoirs E et E′ et il n'est pas rare de trouver, dans les crêtes de Jurassique supérieur J^s, bordant un bassin fermé, d'anciennes galeries exutoires, creusées au-dessus du fond actuel du bassin. Ces galeries sont actuellement à sec (Ex. : grotte du Mémont, gouffre-grotte de la Roche-Barcher, gouffre des Corbeaux, près Luisans, toutes dans le Rauracien, etc.). D'autres fois, les deux séries d'exutoires peuvent coexister; c'est ainsi que pour le bassin fermé de Passonfontaine l'entonnoir du premier stade (ER) correspond à la perte du moulin de Passonfontaine, dans l'Astartien, perte dont les eaux vont ressortir à Martinvaux, dans la vallée de la Réverotte, tandis que les entonnoirs de la deuxième phase (entonnoirs des Ris, des Veuves, du Rocherot, dans le Bathonien) ont leur résurgence R′ dans la vallée de la Loue, à la grotte-source du Pontet, *dans une direction diamétralement opposée à la précédente*. On pourrait multiplier les exemples.

Le Jurassique moyen étant très épais et les résurgences R′ étant, le plus souvent, à une altitude plus faible que les résurgences R, c'est en général le réseau E′R′ qui arrive à capturer le réseau ER.

GÉOPHYSIQUE. — *Constatation métrique de la forme ovoïde de la Terre.* Note de M. Ch. Gorceix, présentée par M. M. Brillouin.

La forme de la Terre dont il est question dans cette Note est celle du géoïde ou surface de niveau zéro et non la surface géographique. Les mesures géodésiques, accompagnées de l'étude, en des lieux aussi multipliés que possible, de la pesanteur, donnent un certain nombre de points du géoïde rattachés à une surface de comparaison qui jusqu'ici a été un ellipsoïde de révolution. Cette méthode ne permet pas de voir la vraie forme du géoïde, qu'on suppose toujours symétrique par rapport à l'équateur; tout au plus fait-elle ressortir des ensembles d'anomalies causées par une inégale répartition de la densité des couches terrestres, mais n'indique

rien sur sa forme générale. Il n'en est plus ainsi si l'on choisit une autre surface de référence. L'étude d'ensemble des arcs mesurés dans l'Europe centrale a conduit les Allemands à admettre comme surface de référence se rapprochant le plus du géoïde dans cette région un ellipsoïde de Bessel amplifié à $\frac{1}{100000}$. Les arcs d'Afrique cadrent mieux avec l'ellipsoïde ordinaire de Bessel. Si donc on prend comme surface de référence l'ensemble des deux demi-ellipsoïdes ci-dessus et, comme on ne peut pas admettre de ressaut à l'équateur, si on les raccorde par une troisième surface tangente aux deux premières dans la région équatoriale, on aura une surface de référence cadrant le mieux possible avec l'ensemble des deux groupes d'arcs envisagés ci-dessus.

Il semble logique d'exiger que cette surface de raccord ne modifie pas le volume total; elle diminue donc celui de l'hémisphère nord et augmente au contraire celui du sud. Cela ne suffit pas évidemment à la définir, mais l'enferme dans des limites qui donnent à très peu près le même résultat.

Une des solutions qui donne le raccord le plus satisfaisant consiste à attribuer à celui-ci la zone équatoriale comprise entre les parallèles 48′55″N et 1°8′45″S.

Le parallèle de plus grand rayon n'est plus l'ancien équateur, mais celui de 16′N qui se trouve à 29683^{m} au Nord; son rayon a' est environ 6377700^{m}. En mesurant les rayons polaires à partir de ce parallèle on voit qu'ils sont inégaux et que $b_S - b_N = 58731^{m}$. La dissymétrie est donc bien nette.

Dans l'hémisphère nord $a' - b_N = 50669^{m}$, il y a aplatissement, tandis que dans l'hémisphère sud $a' - b_S = -8062^{m}$, il y a allongement.

Le géoïde est donc, non pas ellipsoïdal, mais ovoïdal. Animé comme tout le système solaire d'un mouvement de translation dans un milieu très faiblement résistant vers un apex, il a une forme appropriée à ce mouvement et non à une simple rotation autour de son axe.

Le tableau suivant permet de comparer cet ovoïde avec les ellipsoïdes de Clarke (1880) et Bessel (1841) et aussi avec celui que les Américains ont déduit de la combinaison du parallèle 39° avec les autres arcs de méridien de leur pays. Pour les arcs français l'ellipsoïde de Clarke adopté est reconnu trop grand; il corrobore donc les faits exposés.

	Clarke.	Ovoïde.	États-Unis.	Bessel.
$2a$ ou $2a'$	12 756 490	12 755 400	12 755 154	12 754 794
$2b$ ou $b_N + b_S$	12 713 030	12 712 793	12 712 637	12 712 158
$2(a-b)$	43 460	42 607	42 517	42 636

En résumé l'ovoïde proposé comme convenant le mieux à l'ensemble de toutes les mesures géodésiques effectuées et calculées actuellement est compris entre les ellipsoïdes de Clarke (1880) et Bessel (1841); il est encore plus voisin, si l'on ne compare que les diamètres polaires et équatoriaux, de l'ellipsoïde des États-Unis, mais il diffère de tous par sa dissymétrie: l'hémisphère nord est aplati et celui du sud, très voisin d'une demi-sphère $(b_s - a') = 8062^m$, est cependant allongé.

On voit en même temps comme on est loin de la forme tétraédrique prônée par certains : la pointe sud est presque exactement une demi-sphère, même en prenant la surface géographique qui est une sculpture de relief infime par rapport au géoïde.

La surface de référence qui vient d'être décrite pourrait être adoptée, semble-t-il, sans qu'il en résulte un grand travail de réfection des tables, puisque, sauf sur une bande équatoriale de 1°57'40", on conserve l'ellipsoïde de Bessel ou son homothétique amplifié de $\frac{1}{10000}$.

Ayant mis en relief par le choix d'une surface de référence particulière la forme ovoïde du géoïde, si on la trouve trop compliquée, on pourrait pour l'usage la remplacer par deux demi-ellipsoïdes tangents ayant respectivement pour demi-axes :

	Nord.	Sud.
a	6377700	6377700
b	6327031	6385762

ce qui éviterait la surface de raccord mal définie.

PALÉONTOLOGIE. — *Existence d'un Reptile à affinités lacertiliennes dans les formations permiennes de Madagascar.* Note (¹) de M. **Jean Piveteau**, présentée par M. H. Douvillé.

Les formations paléozoïques du sud de Madagascar ont fourni de nombreux reptiles fossiles d'une extrême importance (²).

La présente Note a pour objet la description de l'un d'eux, déjà signalé par le capitaine Colcanap dans la vallée de la Sakamena (affluent de la rive gauche de l'Onilahy), et que j'ai trouvé récemment dans la région du Mont Eliva, au sud de Betioky (province de Tuléar).

(¹) Séance du 5 janvier 1925.

(²) Voir M. Boule, *Sur l'existence d'une flore et d'une faune permiennes à Madagascar* (*Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 502-504).

Ce reptile est représenté par un grand nombre d'exemplaires parfaitement conservés, la tête seule étant d'une étude difficile. Leur description anatomique peut ainsi être résumée.

La tête est à contour subtriangulaire. A sa face inférieure, on aperçoit un os jugal qui ne se soude pas au carré : ce reptile n'a donc pas d'arcade quadrato-jugale. C'est là un caractère de lacertilien, que l'on rencontre aussi chez *Broomia perplexa*, forme du Permien de l'Afrique du Sud. Un basisphénoïde assez large se distingue facilement.

La mâchoire inférieure est munie de dents pleurodontes, et possède une apophyse coronoïde bien développée, comparable à celle des lézards.

La colonne vertébrale est formée de vertèbres amphicèles, avec notochorde persistante. Il y a 24 vertèbres présacrées, se décomposant en 6 cervicales et 18 dorsales; il n'y a pas de lombaires. On compte 2 sacrées. Des intercentres existent tout le long de la colonne, sauf entre les sacrées. Le corps des vertèbres est légèrement comprimé en son milieu, les arcs neuraux sont forts, le canal neural large, les zygapophyses horizontales. On peut évaluer à plus de 80 le nombre des vertèbres caudales. Les premières portent de fortes diapophyses soudées aux centres; à partir de la 4ᵉ caudale, on voit des os en chevron très développés. Ces divers caractères de la colonne se retrouvent chez *Broomia*, et, avec plus ou moins de netteté, chez *Tanganasaurus* et *Saurosternon*.

Les côtes, longues et recourbées, sont à une seule tête, avec l'extrémité articulaire élargie. Il y a un revêtement abdominal très puissant.

La ceinture pectorale comprend deux coracoïdes ovales, percés d'un foramen. Le scapulum est de faible taille; la clavicule, élargie dans sa partie médiane, a un peu l'aspect d'une côte. L'épisternum ne présente à son extrémité antérieure que de courtes branches latérales, le sternum est bien développé et à peu près quadrangulaire.

Les membres ressemblent à ceux des lézards. Le membre antérieur est légèrement plus court que le membre postérieur. L'humérus, os robuste, est percé d'un foramen entépicondylien; l'avant-bras est plus court que le bras.

Le carpe est remarquable par sa complication. A la première rangée, on a 4 os (radial, intermédiaire, ulnaire et pisiforme), à la deuxième rangée 3 os centraux, et à la troisième 5 carpalia. Cette structure si particulière n'a encore été signalée que chez *Broomia*. (Les genres *Tanganasaurus* et *Saurosternon*, qui sur tant de points présentent de frappantes analogies avec notre reptile de Madagascar, n'ont pas leur carpe conservé.) Les méta-

carpiens vont en augmentant de taille du premier au quatrième, le cinquième a à peu près la taille du deuxième. La formule des phalanges est 2, 3, 4, 5, 4. Tous les doigts sont terminés par des griffes.

La ceinture pelvienne est constituée par un ilion très allongé. Le pubis est un os aplati, discoïde, percé d'un foramen (trou obturateur). L'ischion est également un os plat.

Le fémur, grêle, à double courbure en S, présente un trochanter haut et saillant, qui se continue dans la partie inférieure de l'os comme une ligne âpre. Le tibia et le péroné sont légèrement plus courts que le fémur.

Le tarse est constitué par un astragale muni d'une apophyse montante très développée et un cubital très large; entre ces deux os se trouve un foramen. Il y a 1 central et 4 tarsalia. La longueur des métatarsiens va en augmentant du premier au quatrième, le cinquième ayant à peu près la taille du deuxième. Le cinquième métatarsien présente une apophyse que l'on rencontre chez Sphénodon et les rhyncocéphales jurassiques. La formule des phalanges est 2, 3, 4, 5, 4. Les doigts sont tous terminés par de fortes griffes.

Tous les caractères que nous venons d'énumérer se retrouvent chez *Broomia*. Le sternum est absent dans cette dernière forme, mais une cassure du seul exemplaire connu, cassure passant juste au-dessous des coracoïdes, permet de croire qu'il a disparu accidentellement. Le crâne de *Broomia*, assez bien conservé, peut servir à compléter notre diagnose. C'est un crâne de Lacertilien : absence d'arcade quadrato-jugale, basisphénoïde large et parasphénoïde allongé. Il présente quelques caractères primitifs : dents ptérygoïdiennes et palatines. (Ces caractères se retrouvent d'ailleurs chez certains lézards actuels.)

Les différences que l'on peut trouver entre les deux formes sont extrêmement faibles; l'humérus est un peu plus fort chez le Reptile de Madagascar que chez *Broomia;* la queue paraît également plus puissante.

Le genre *Tanganasaurus*, récemment décrit par Hanghton, de la région de Tanga (Tanganika), présente les mêmes analogies de structure. Les différences signalées par Hanghton ne correspondent peut-être pas toujours à l'observation exacte des faits : il semble bien que parfois la mauvaise conservation du fossile ait induit en erreur l'éminent paléontologiste du Cap.

Ainsi il est possible de conclure à l'existence, pendant les temps permiens, d'un groupe à affinités lacertiliennes. Ce groupe est composé par les genres *Broomia* et *Tanganasaurus* de l'Afrique du Sud et par une forme de Mada-

gascar pour laquelle nous proposons le nom de *Broomia Madagascariensis*, qui traduit ses affinités et rappelle son origine. A ces formes il faut joindre encore *Saurosternon* de l'Afrique du Sud, et peut-être *Aphelosaurus* de France, qui présentent dans leurs parties conservées une morphologie semblable.

Cet ensemble se rapproche des Lacertiliens actuels par la morphologie du crâne et des membres, s'en éloigne par la structure de la colonne vertébrale et des ceintures, et la complication du carpe et du tarse. Il présente quelques analogies avec certains Cotylosauriens (*Captorhinidæ*), et des rapports un peu plus étroits avec les Rhyncocéphales jurassiques et actuel.

Le genre *Broomia* se trouve localisé, en Afrique du Sud, dans la *zone à Tapinocephalus*, située à la base de la série de Beaufort et considérée comme appartenant au Permien moyen. C'est donc au Permien moyen qu'il convient de rapporter les grès et les schistes du Mont Eliva et de la Sakamena, qui ont fourni d'abondants restes de *Broomia Madagascariensis*.

BOTANIQUE. — *Sur le mode de formation des grains d'amidon dans les laticifères des Euphorbiacées*. Note de M. G. **Mangenot**, présentée par M. L. Mangin.

Le latex de nombreuses Euphorbiacées contient des grains d'amidon aplatis et allongés, présentant, chez certains types, un élargissement de leurs extrémités qui leur confère l'allure d'haltères ou de tibias. Le développement de ces grains est encore inconnu; depuis que l'emploi de méthodes exactes a permis de déterminer le mode de formation des grains d'amidon de type courant, personne, en effet, ne semble avoir recherché comment s'édifient ceux, d'aspect aberrant, du latex des Euphorbes. Il faut cependant signaler un travail, déjà ancien, de Potter (¹); cet auteur a très sommairement observé que chaque grain d'amidon naît à l'intérieur d'un corpuscule protoplasmique : celui-ci, entourant d'abord le grain, se condense à chacune de ses extrémités; la croissance porte, dès lors, exclusivement sur ces dernières qui se renflent comme les deux boules d'une haltère. Molisch a repris (²), cette étude; il admet que les grains d'amidon

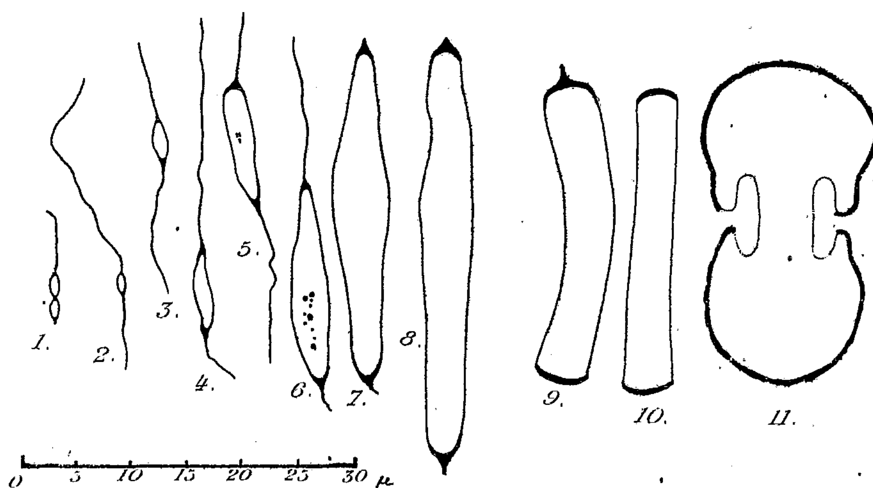
(¹) M.-C. Potter, *On the development of starch grains in the laticiferous cells of the Euphorbiacae* (*The Journal of the Linnean Society*, vol. 20, 1884, p. 446-450).

(²) Hans Molisch, *Studien uber den Milchsaft und Schleimsaft der Pflanzen* (G. Fischer, Jena, 1901, p. 4, 5 et 17-19).

des laticifères sont produits par des leucoplastes ayant, aux stades de jeunesse, l'allure de masses protoplasmiques irrégulières et présentant parfois des différenciations d'aspect nucléolaire. Puis le leucoplaste devient invisible, mais son existence peut être décelée par des procédés spéciaux. L'auteur n'indique pas comment se réalise la forme de tibia.

Ces recherches ont été renouvelées sur diverses espèces réparties dans la plupart des sections du genre *Euphorbia*. Elles ont donné les résultats suivants.

La première apparition des grains d'amidon a lieu, dans le cytoplasma des lacitifères, à l'intérieur de chondriocontes souvent très allongés, orientés suivant le grand axe du tube. Chaque filament mitochondrial forme une ou plusieurs vésicules, allongées comme lui, dans lesquelles on peut déceler



Développement des grains d'amidon dans les laticifères des Euphorbiacées.
1 à 8, *Euphorbia heterophylla* Desf.; 9 et 10, *E. Paplus* L.; 11, *E. virosa* Willd.

le granule amylacé naissant (*fig.* 1, 2, 3, 4, 5 et 6); il peut aussi former des grains composés.

A un stade encore très précoce, on observe, à chaque extrémité du grain en voie de formation, une accumulation de substance mitochondriale en un petit nodule arciforme intensément colorable. Aussi est-ce en ces deux points que l'élaboration d'amidon est la plus active : l'accroissement du grain est donc beaucoup plus rapide en longueur qu'en largeur. La vésicule amylifère s'allonge aux dépens de la partie filamenteuse du chondrioconte; celle-ci se trouve bientôt réduite à une petite apophyse surmontant la condensation mitochondriale apicale (*fig.* 7, 8, 9). Chez de nombreuses

espèces surtout chez les types herbacés ou frutescents, la croissance du grain s'arrête lorsque ce dernier a atteint une certaine longueur. Sa forme dépend alors de l'étendue des arcs élaborateurs apicaux : une bande apicale très courte produit des grains aciculaires ou losangiques effilés (*Euph. heterophylla*, par exemple, *fig.* 7, 8), tandis qu'une bande plus allongée produit des grains à bords parallèles (*E. Peplus* par exemple, *fig.* 9, 10), et un arc encore plus long, se continuant sur les extrémités latérales du grain, engendre des formes en haltères (*Euph. biglandulosa*, pas exemple).

Chez de multiples autres espèces d'Euphorbes, particulièrement chez les Euphorbes succulentes, l'allongement, par le processus décrit, n'est qu'une première phase du développement du grain. Lorsque ce dernier a atteint une certaine longueur, variable suivant l'espèce considérée, la condensation mitochondriale s'étend progressivement sur les bords et l'accroissement devient surtout marqué en largeur. Le développement apical du grain s'effectuant en effet désormais sur une longueur toujours croissante, ses extrémités forment bientôt deux larges renflements, égaux ou inégaux : les grains en forme de tibia sont réalisés.

Mais, dans de nombreuses espèces tout au moins, le grain n'est pas encore au terme de son évolution : en effet, tandis que les bandes apicales s'allongent, ajoutant à l'extrémité du grain de nouvelles couches amylacées toujours plus étendues, l'écorce mitochondriale enveloppant jusqu'alors les côtés du grain s'atrophie ; les deux arcs apicaux seuls demeurent fonctionnels et produisent les curieux grains dont la figure 11 représente un exemple.

Tous ces processus ne sont pas, bien entendu, d'une absolue régularité ; ils représentent le type moyen d'évolution des granules amylacés du latex. Mais, dans toute espèce, on peut observer, en nombre variable, des modes aberrants de développement, provenant surtout d'une fragmentation plus ou moins précoce d'une ou des deux bandes élaboratrices apicales ; chaque fragment devient ainsi un foyer indépendant de croissance, déterminant la formation de grains épineux ou ramifiés.

La marche de ces processus est très inégale suivant les espèces. En règle générale, les grains d'amidon des laticifères atteignent assez rapidement, dans chaque espèce, leur type caractéristique moyen. Ces grains sont, en effet, bâtis sur des modèles variés et nombreux. Chez *Euph. heterophylla*, par exemple, les grains peuvent devenir très longs (40 à 42^{μ}), mais restent toujours effilés ; ils réalisent leur forme définitive dans les quelques jours suivant la germination et le latex prélevé dans un axe hypocotylé de cette

plante présente un mélange de grains d'amidon identique, à de minimes différences près, à celui observable dans un latex d'un individu en fleurs. Chez *Euph. virosa*, espèce succulente, la longueur des grains ne dépasse pas 30$^{\mu}$, mais les extrémités se renflent rapidement et les pousses de l'été renferment un latex dont les granules amylacés ont, en général, un aspect accusé d'haltères analogue à celui des grains extraits d'articles âgés de plusieurs années. On peut observer toutefois, dans le latex issu de ces derniers, des grains, semblables à celui de la figure 11, que l'on chercherait en vain dans les régions très jeunes. Ces grains sont vraisemblablement assez vieux; certains peuvent compter plusieurs années d'âge ; leur croissance, sans doute fort lente, n'est peut-être pas terminée puisqu'une écorce mitochondriale existe encore à la périphérie des renflements.

Ici se pose le problème du rôle et de la destinée de ces grains. La notion de leur longue existence, étayée par ce fait qu'on ne leur connaît pas d'aspects de corrosion, semble indiquer qu'il s'agit là d'un amidon définitivement soustrait au métabolisme de la plante. Des expériences devront confirmer ou infirmer cette hypothèse.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La télophase de la division I dans le sac embryonnaire du* Fritillaria imperialis *L.* Note de M. **Maurice Lenoir**, présentée par M. M. Molliard.

Je n'ai pas eu l'occasion d'observer le stade du tassement polaire à la fin de la première division réductrice dans le sac embryonnaire du *Fritillaria imperialis*. Ce stade qui existe cependant à coup sûr est très bref, ce fait expliquant sa rareté. Il est probable que les chromosomes ont l'aspect de bandes épaisses moniliformes, pourvues d'un axe de nucléoline, pelotonnées, qu'on voit à la fin de l'anaphase de la division somatique et de la division réductrice II.

Les stades suivants dont l'évolution est de moins en moins rapide offrent, au contraire, des images de plus en plus nombreuses.

Premier stade. — La première figure de la télophase que j'ai pu observer apparaît bien comme procédant directement du peloton aux chromosomes moniliformes dont je viens de supposer l'existence antérieure. Les deux noyaux frères sont reliés entre eux par le fuseau achromatique en forme de tonnelet. Les chromosomes se montrent formés de séries d'anneaux alignés, imprégnés de chromatine réticulaire; dans quelques-uns restent sertis de

gros granules de nucléoline. De ces granules, il en est qui sont encore disposés en courts alignements continus rappelant l'aspect de portions des chromosomes supposés exister pendant le tassement polaire. Les parties dépourvues de granules ne représenteraient donc que le squelette des chromosomes vidés de leur axe nucléolinien. Les chromosomes sont orientés dans le sens de l'axe reliant respectivement le centre des deux noyaux frères qui, à ce moment, ne contiennent encore aucun vestige de nucléoles.

Simultanément le cytoplasme du sac embryonnaire se montre pourvu d'un grand nombre de granules semblables à ceux qui sont restés enclavés dans les chaînes chromosomiques.

L'origine de ces granulations chromatiques, dès à présent, doit être vraisemblablement recherchée dans les chromosomes. En effet, la zone externe du noyau en contient, alors que le centre en est dépourvu; la partie du cytoplasme située à la périphérie du noyau en est plus abondamment pourvue que le reste.

Deuxième stade. — Les anneaux constituant les chaînes chromosomiques s'aplatissent, leur lumière a une tendance à s'oblitérer.

Sur les filaments qui forment les anneaux, une grande quantité de granules réticulo-nucléoliniens de toute taille sont situés de telle sorte que s'impose à l'esprit la conviction de leur exsudation par ces filaments.

Ce phénomène d'exsudation chromatique n'est d'ailleurs pas un fait isolé, je l'ai déjà observé pendant la mitose somatique de l'*Equisetum arvense* L. à une autre phase de la division.

Les granules exsudés par les squelettes chromosomiques s'en détachent et vont se répandre dans la zone externe du noyau, puis de là passent dans le cytoplasme ambiant. L'on peut observer, en effet, qu'il en existe peu de libres dans l'aire nucléaire, presque tous à la périphérie et qu'ils sont plus nombreux autour du noyau que dans le reste du cytoplasme.

C'est à ce stade que commencent à s'ébaucher les nucléoles. Quelques forts granules réticulo-nucléoliniens, accompagnés de portions assez importantes du squelette des chromosomes qui les supportent, se groupent aux pôles des deux noyaux frères en masses irrégulières dans lesquelles la proportion de réticuline est très forte.

Troisième stade. — L'ouverture des chaînons chromosomiques s'oblitère presque entièrement par suite de l'aplatissement plus accentué des anneaux. Il reste seulement, de place en place, quelques boutonnières dans les cordons chromosomiques enchevêtrés dont une partie, la moins importante, est située en profondeur dans le noyau, l'autre parcourant sa surface. Les

cordons portent encore des gouttelettes nombreuses d'exsudation chromatique dont l'émission commence à se ralentir.

Les embryons de nucléoles ne laissent plus percevoir les granules réticulo-nucléoliniens dont ils sont le produit. Ces granules se sont tassés les uns contre les autres et se sont soudés perdant ainsi leur individualité primitive. Les jeunes nucléoles sont alors des masses de nucléoline revêtues d'une sorte de réseau imprégné de chromatine réticulaire aux mailles très serrées. La proportion de nucléoline est en progression par rapport à la réticuline.

Il arrive souvent que de jeunes nucléoles ainsi constitués se trouvent rejetés hors du noyau. Ces nucléoles perdent alors leur chromatisme chromatinien rapidement et prennent un chromatisme plasmatique, retenant fortement les colorants spécifiques du cytoplasme. J'incline à penser qu'il faut voir dans ce processus l'origine des *nucléoles plastiques* classiques.

Quatrième stade. — Les filaments chromosomiques ne présentent plus d'ouvertures, ils sont simples et assez épais; de place en place ils se montrent plus épais. Ils forment un réseau très lâche par anastomose entre eux.

L'émission chromatique arrive à sa fin pendant ce stade. Le sac embryonnaire contient encore une assez grande quantité de granules, mais leur volume est très réduit. Ils sont en voie de dissolution active dans le cytoplasme.

Pourtant l'exsudation n'est pas terminée; mais les granules apparus à la fin de la période télophasique se modèlent sur les cordons chromosomiques et s'y incorporent, ils semblent uniquement utilisés pour leur rechromatinisation.

Les masses nucléolaires, souvent au nombre de quatre, deux à chacun des pôles d'un noyau, fusionnent en général deux à deux. Les deux nucléoles ainsi formés peuvent eux-mêmes parfois se réunir constituant un nucléole unique, mais ce cas semble exceptionnel.

A ce stade les dernières traces du fuseau achromatique ont disparu.

Conclusions. — La télophase de la division I dans le sac embryonnaire du *Fritillaria imperialis* L. comporte donc :

1° Probablement des chromosomes moniliformes dont l'axe nucléolinien s'individualise en granules expulsés dans le cytoplasme ambiant.

2° *a.* Des chromosomes imprégnés de réticuline, réduits à l'état de chaînettes, procédant des premiers, dont les anneaux s'aplatissent peu à peu, jusqu'à former des cordons pleins;

b. Ces squelettes chromosomiques exsudent des gouttelettes de nucléoline

expulsées d'abord dans le cytoplasme où elles se dissolvent ou bien utilisées, en fin de période, pour la rechromatinisation des cordons chromosomiques:

3° La formation de nucléoles qui naissent par agglomération des portions du squelette chromosomique accompagnées de quelques granules nucléoliniens provenant de l'axe primitif des chromosomes. L'expulsion dans le cytoplasme de quelques-uns d'entre eux donne lieu à l'existence de *nucléoles plasmatiques*.

MYCOLOGIE. — *L'action toxique de l'*Amanita phalloides *Fr.* Note (¹) de M. **Vittorio Pettinari**, présentée par M. P. Viala.

I. *Expériences sur les invertébrés et sur les vertébrés hétérothermes.* — Les propriétés vénéneuses de l'Amanite phalloïde sont bien connues depuis longtemps, mais le mécanisme d'action du poison, ou des poisons qu'elle renferme, est encore obscur. Je crois pourtant utile de faire connaître les premiers résultats d'une longue série d'expériences que j'ai entreprises il y a plusieurs années, pour étudier l'action du poison phalloïdien. Je commencerai par mes recherches sur les invertébrés et sur les vertébrés hétérothermes.

Technique et matériel employé. — Les recherches ont été faites avec des exemplaires d'*Amanita phalloides* Fr. (²), soit frais, soit desséchés à la chaleur, recueillis dans les environs de Milan.

J'en ai préparé des extraits par macération et par macéro-décoction aqueuse en solutions diverses, entre 25 et 50 pour 100 pour les champignons frais et entre 2,5 et 5 pour 100 pour les champignons desséchés (on peut à peu près évaluer à 90 pour 100 la perte en poids produite par le desséchement).

Pour contrôler l'action toxique du poison, j'employai des extraits préparés de la même façon d'un champignon comestible (*Boletus edulis*, *Protella arvensis*, etc.).

Les expériences peuvent être divisées en quatre groupes :

1° Expériences sur les infusoires, les larves d'insectes, les petits crustacés, etc.;

2° Expériences sur les écrevisses;

3° Expériences sur les poissons;

4° Expériences sur les reptiles et les amphibies.

(¹) Séance du 29 décembre 1924.

(²) Il ne faut pas confondre l'*Amanita phalloides* avec l'*Amonita citrica* Pers. et l'*Amanita mappa* Batsch. qui sont des espèces à part et qui, à tort, ont été quelquefois considérées comme de simples variétés de la première. Mes expériences, ainsi que celles d'autres auteurs, ont démontré que ces espèces, tout en contenant de l'hémolysine, ne sont pas toxiques.

1. *Action sur les infusoires, larves d'insectes, etc.* — J'ai observé ces petits êtres dans une capsule de verre, après avoir ajouté des quantités diverses d'Amanite phalloïde ou de champignon de couche. Avec ces derniers ou d'autres champignons comestibles, je n'ai jamais aperçu aucune modification : leur vie n'était pas dérangée, même par des concentrations assez fortes. Les choses se passaient bien diversement lorsque j'ajoutais les extraits d'Amanite phalloïde.

La résistance au poison varie fortement selon ces espèces; mais toutes celles sur lesquelles j'ai fait des expériences ont manifesté des symptômes toxiques qui, d'un simple trouble, pouvaient aller jusqu'à la mort.

Les paramécies, après un temps variable, selon le degré de concentration du poison (de quelques minutes à plusieurs heures) ralentissent leurs mouvements de translation et restent inhibés dans leur activité vitale. A ce moment, la dilution, avec de l'eau pure, ne suffit pas à détruire les effets toxiques, la vie a définitivement cessé.

Les vorticelles sont encore plus sensibles et succombent à des doses qui sont inoffensives pour les paromécies.

Les cyclopes et les autres petits crustacés tels que les ostracodes (cypris) et les cladocères (daphnies) sont aussi peu résistants. A ce propos, il est intéressant de rappeler que ces êtres, qui ont la même sensibilité au poison phalloïdien, présentent au contraire un différent degré de perméabilité à la coloration intra-vitale. Tandis que les daphnies reçoivent avec grande facilité les substances colorantes, les cyclopes sont très résistants à leur pénétration. Ceci nous porte à croire que l'action du poison ne s'exerce pas simplement par ce fait que l'animal en est imbibé passivement, mais qu'elle s'explique par un procédé plus complexe.

La mort des plathelmintes n'arrive qu'après un long délai et elle est précédée d'évidents symptômes d'intoxication. Les larves des diptères, ou des éphémérides, au contraire, ne meurent pas, mais présentent des phénomènes d'empoisonnement, c'est-à-dire un état général d'étourdissement qui cesse rapidement lorsqu'elles sont remises dans l'eau pure.

2. *Action sur les écrevisses* (*Asthacus saxalitis*). — Avec une injection de $0^{cm^3},5$ d'extrait, l'animal meurt après un espace de 2 ou 3 jours. Tout à coup, il se replie sur le fond du vase et reste renversé sans essayer de reprendre sa position normale. La mort le saisit dans cet état de parésie.

3. *Action sur les poissons.* — L'action de l'Amanite phalloïde sur les poissons a été niée. Ferri (1913) ayant injecté des tanches ne remarqua aucun type d'empoisonnement. Mais il n'observa les animaux que pendant quelques heures.

J'ai employé la *Tinca vulgaris*, le *Coratius auratus* et l'*Amiurus nebulosus*. Tous ces poissons supportent parfaitement des doses faibles (1 à 8 pour 1000 de leur poids), mais succombent à des doses plus fortes (2 à 8 pour 100), après un espace de 12 à 72 heures, selon la grosseur du poisson, son espèce et la quantité injectée; le plus sensible est l'*Amiurus nebulosus;* le plus résistant le *Tinca vulgaris*.

Comme toujours les premiers symptômes se manifestent d'une façon apparemment brusque, après une longue période d'incubation. A l'autopsie, on aperçoit des phénomènes congestifs, des hémorragies dans les organes et dans les membranes séreuses. Le foie est souvent en évidente dégénération graisseuse, les reins congestionnés, la vessie biliaire pleine.

4. *Action sur les reptiles et les amphibies.* — Les expériences ont été faites sur les lézards (*Lacerta muralis*), les tritons (*Molge cristata*), les grenouilles (*Rana esculenta*). Les unes comme les autres ont montré une complète insensibilité au poison. Je ne veux pas tirer de ces expériences une affirmation absolue, parce que je n'ai pu poursuivre mes observations au delà du quatrième jour. En tout cas leur sensibilité est très faible.

Conclusions. — 1. Le poison phalloïdien agit non seulement sur les vertébrés homo-thermes, mais aussi sur les infusoires, les petits crustacés, les larves d'insectes, les écrevisses, les poissons.

2. Il n'a aucune action sur le cœur isolé des grenouilles et selon toute probabilité n'exerce aucune action toxique sur les lézards, les tritons et les grenouilles.

3. Son action s'explique par l'introduction para-entérale d'une façon apparemment brusque après une longue période d'incubation.

4. Il n'est pas possible de démontrer une localisation spécifique ou une action élective du poison.

ZOOLOGIE. — *Le verdissement des Huîtres.* Note de M. **Gilbert Ranson**, présentée par M. Joubin.

Dans une Note insérée dans le *Bulletin de la Société zoologique de France*, j'ai exposé les résultats d'expériences permettant de compléter celles précédemment faites par Bornet et Puységur puis par Sauvageau pour mettre ces dernières à l'abri de toute critique, ainsi que d'autres expériences complétant les précédentes et permettant d'affirmer que c'est bien le pigment de la Navicule qui fait verdir les branchies, les palpes, l'intestin terminal et les bords du manteau des Huîtres.

Les dernières expériences consistaient à isoler complètement le pigment et à étudier son action.

J'ai réussi, depuis, à obtenir, par un moyen mécanique, une eau de mer contenant uniquement du pigment de Navicules, en solution. J'ai alors placé des Huîtres dans cette eau; elles ont verdi en 24 heures. Leurs branchies étaient fortement pigmentées. Elles l'étaient d'autant plus que le pigment était plus abondant dans l'eau.

J'ai obtenu en 24 heures des Huîtres plus vertes que celles ayant passé deux ou trois mois dans les claires.

On expliquait ainsi l'action de la Navicule. L'Huître provoque un courant d'eau qui entraîne de petits crustacés, des diatomées et, en particulier, des *Navicula ostrearia* Bory, servant à sa nourriture. Le pigment non modifié par les sucs digestifs, absorbé, passe dans le sang d'où il est expulsé

par les leucocytes qui se rendent aux branchies et aux palpes qu'ils colorent puis traversent l'épithélium branchial, rejetant ainsi le pigment inutile à l'extérieur. Le phénomène apparaissait donc comme un cas particulier de l'excrétion leucocytaire.

Les expériences suivantes montrent que le mécanisme du phénomène est tout autre.

J'enlève à une Huître blanche une partie de sa valve supérieure de façon à ne pas toucher au muscle adducteur. Dans ces conditions l'Huître transportée dans son milieu naturel peut vivre très longtemps. Au contraire si l'on touche au muscle adducteur l'Huître meurt rapidement.

Je découvre ainsi le manteau, les branchies, les palpes en partie. Avec une pince et un ciseau, perforant le manteau, j'extirpe, petit à petit, l'estomac de cette Huître. Je me suis rendu compte qu'une Huître ainsi préparée vit encore au moins trois jours dans son milieu naturel. Trois jours après cette mutilation elle répond encore parfaitement aux attouchements du manteau ou du muscle adducteur en rapprochant ses deux valves. Aussitôt préparée, je place une Huître sur fond de sable, dans un cristallisoir contenant de l'eau colorée en vert par du pigment de Navicule. En vingt-quatre heures, les branchies verdissent fortement. Les branchies rougissent si je place l'Huître dans une eau contenant du rouge neutre, se colorent en rose avec la safranine, en bleu avec le bleu de méthylène.

Dans tous les cas, il s'agit non pas d'une absorption stomacale puis d'une excrétion leucocytaire, mais d'une pénétration directe du pigment vert ou des colorants artificiels dans l'epithélium de la branchie, à travers la membrane épithéliale, puisque j'ai extirpé l'estomac des Huîtres.

Avec le rouge neutre, qui colore rapidement la branchie et aussi le manteau, on constate que l'eau se décolore à mesure que l'Huître se colore et bientôt l'eau redevient parfaitement claire. La branchie de l'Huître opère une véritable filtration de l'eau dans laquelle elle est plongée. Le phénomène est bieu connu pour les particules solides en suspension dans l'eau de mer. L'eau se clarifie rapidement et l'on trouve près de l'Huître les particules agglutinées par du mucus et rejetées hors de la cavité palléale.

Certaines snbstances, en solution dans l'eau, traversent la membrane semi-perméable des cellules épithéliales des branchies et colorent celles-ci; d'autres subtances en solution sont rejetées à l'extérieur par le même processus que les particules solides.

Ainsi, ayant reconnu l'action du pigment du *Navicula ostrearia* Bory dans le verdissement de certains organes de l'Huître, nous pouvons dire

maintenant que ce pigment pénètre directement à travers la membrane des cellules épithéliales de ces organes où il se fixe.

Il reste à savoir dans quelles circonstances la Navicule expulse le pigment qui la colore. Je ne veux faire aucune hypothèse facile à ce sujet. J'attends d'avoir des résultats précis pour en parler.

Comme toujours, lorsqu'il s'agit de pigments, le meilleur et souvent l'unique moyen d'observation est l'observation directe sur le frais ou de coupes à la congélation. En tout cas, c'est le premier moyen à utiliser. De même, pour les organes colorés par des colorants artificiels. Mais le pigment qui colore les huîtres étant insoluble dans tous les réactifs histologiques, on peut faire dans l'Huître des coupes suivant les méthodes courantes.

J'ai fait des coupes à la congélation dans des branchies et des palpes d'Huîtres vertes, puis dans des branchies rougies par le rouge neutre. J'ai également fait des coupes dans des branchies vertes fixées au Carazzi. Mais, le plus souvent, j'ai observé sur le frais.

Toutes mes observations sont concordantes : le pigment, comme tous les colorants artificiels, colore toutes les cellules épithéliales de la branchie, en dehors des cellules muqueuses, et non des cellules particulières. Il est concentré dans chaque cellule entre les granules ciliaires, dont il est séparé par une légère zone incolore et le noyau, ainsi que l'a déjà très bien montré Carazzi [1].

Je reviendrai d'ailleurs ultérieurement sur cette répartition du pigment et des colorants artificiels pour la préciser.

PHYSIOLOGIE. — *Quelques observations sur le mécanisme de l'anaphylaxie sérique.* Note de M. **Harry Plotz**, présentée par M. Roux.

Dans une Communication antérieure, en collaboration avec M. Schœn [2], nous avons montré que la réaction *réelle* du sérum subit des changements considérables. Conservé dans des conditions qui permettent le départ de l'acide carbonique contenu dans le sérum, celui-ci s'alcalinise de plus en plus. Nous avons indiqué que ces modifications physico-chimiques du

---

(1) Dav. Carazzi, *Contributo all'istologia e alla fisiologia dei Lamellibranchi. 1. Ricerche sur les ostriche verdi* (*Mitt. aus der Zool. stat. zu Neapel*, t. 12, Berlin, 1897, p. 381).

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1926; *Annales Inst. Pasteur*, t. 38, 1924, p. 923.

sérum nous semblent avoir une importance pour l'étude de l'anaphylaxie sérique.

Les expériences entreprises à ce sujet ont donné les résultats suivants :

Un certain nombre de cobayes, de 250^g à 300^g sont sensibilisés avec $\frac{1}{200}$ de centimètre cube de sérum *frais* de cheval. L'injection déchaînante est effectuée, 20 jours après, par l'injection, dans la carotide, de sérum également *frais*, fourni par le même cheval. La dose mortelle est de $\frac{1}{40}$ de centimètre cube. Ce même sérum est distribué stérilement dans des tubes à essai, à raison de 5$^{cm^3}$ par tube, et conservé à 37°. 24 jours après un séjour à l'étuve à 37°, $\frac{1}{4}$ de centimètre cube de sérum, injecté dans la carotide, ne produit que des symptômes faibles. La toxicité du sérum a donc diminué de 10 fois. Ce fait a déjà été signalé par M. Besredka ([1]), qui a montré que le sérum vieilli est moins toxique que le sérum frais.

Un deuxième lot de cobayes, de 250^g à 300^g, a été sensibilisé avec le sérum *vieilli* à l'étuve à 37°. Après 20 jours, on procède à l'épreuve déchaînante. Cette fois aussi on emploie, d'abord, du sérum frais. L'injection de $\frac{1}{4}$ de centimètre cube de sérum *frais* ne produit que des symptômes faibles, et l'animal survit. Ce sérum est alors distribué stérilement dans des tubes à essai, à raison de 5$^{cm^3}$ par tube, et conservé à 37°. On détermine sa toxicité tous les 3 jours. Après 3 jours de séjour à l'étuve, ce sérum provoque déjà un choc mortel à la dose de $\frac{1}{4}$ de centimètre cube; après 9 jours, la dose mortelle correspond à $\frac{1}{10}$ de centimètre cube; la toxicité augmente ensuite, au fur et à mesure que le sérum reste plus longtemps exposé à 37°. On constate donc l'inverse dans cette série d'expériences de ce qui s'est produit dans la première série.

Le sérum *frais* se montre donc très toxique pour les cobayes sensibilisés avec du sérum *frais*; cette toxicité diminue progressivement lorsque le sérum est exposé à 37°. D'autre part, des cobayes, sensibilisés avec du sérum *vieilli* à 37° — pendant 3 à 4 semaines — réagissent faiblement à l'injection de sérum *frais*; ils réagissent fortement à celle du sérum *vieilli* à 37°. Donc la toxicité de ce sérum augmente progressivement vis-à-vis des cobayes sensibilisés au sérum *vieilli*. Ce fait pourrait être rapproché de l'observation faite par M. Besredka ([2]), que les cobayes sensibilisés avec de l'albumine du blanc d'œuf chauffée réagissent seulement à l'injection d'albumine chauffée et non pas à celle d'albumine fraîche.

([1]) *Anaphylaxie et antianaphylaxie* (Masson), p. 38.

([2]) *Ibid.*, p. 28.

Quel est le rôle de l'acide carbonique dans les phénomènes qui viennent d'être signalés?

Nos expériences montrent que, lorsqu'on fait passer un courant de CO^2 dans du sérum *vieilli*, c'est-à-dire devenu peu toxique pour les cobayes sensibilisés avec du sérum *frais*, ce sérum devient de plus en plus toxique; sa toxicité peut dépasser même la toxicité initiale, c'est-à-dire de ce sérum à l'état frais. Par contre, lorsqu'on débarrasse le sérum de son CO^2 par le vide, sa toxicité diminue immédiatement.

Des résultats analogues ont été obtenus chez des cobayes sensibilisés avec du sérum *vieilli* à 37°. Dans ce cas, le sérum *frais* produit des symptômes faibles; sa toxicité disparaît même complètement lorsqu'il est traité par CO^2. Ces observations sont à rapprocher des faits signalés récemment par Aug. Lumière (¹) en ce qui concerne la toxicité du sérum de bœuf pour les animaux du laboratoire, suivant la teneur du sérum en CO^2.

Nous sommes ainsi amenés à conclure que la spécificité, dans l'anaphylaxie sérique, dépend, non seulement de la nature du sérum, mais aussi de son *état physico-chimique*. Deux facteurs, au moins, interviennent ainsi dans la réaction anaphylactique : l'état physico-chimique du sérum employé pour la sensibilisation et l'état physico-chimiuue du sérum employé pour l'épreuve déchaînante.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *Double chronaxie du système optique de l'homme.* Note de M. **Georges Bourguignon** et Mlle **Renée Déjean**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait depuis longtemps que la fermeture et l'ouverture d'un courant continu traversant l'œil provoquent, lorsque l'intensité est suffisante, une sensation lumineuse très brève, un *phosphène*, très semblable à celui que produisent une pression ou un choc sur le globe oculaire.

L'un de nous a eu l'idée de se servir du phosphène électriquement provoqué pour chercher à mesurer la chronaxie du système optique de l'homme (²). Sans préciser s'il s'agit d'une excitation du nerf optique dans son trajet ou à la papille, ou d'une excitation de la rétine, il a montré que, en première approximation, la chronaxie du système optique est comprise

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 218.

(²) Bourguignon, *La chronaxie chez l'homme* (*Thèse de la Faculté des sciences de Paris*, 1 vol., Masson, 1923, p. 213 à 215).

entre 1^{σ} et 3^{σ} [1], toujours plus grande que la chronaxie des systèmes neuro-musculaires et des nerfs de sensibilité générale.

Partant de ces premiers résultats, nous avons cherché à préciser davantage la valeur de la chronaxie du système optique, notamment en variant la situation de l'électrode et en faisant les mesures tantôt avec le pôle instrumental négatif, tantôt avec le pôle instrumental positif. Nous avons aussi contrôlé les résultats de l'excitation monopolaire par des expériences avec la méthode bipolaire : les résultats ont été concordants.

Le montage est celui que l'un de nous a toujours employé pour la mesure de la chronaxie chez l'homme [2].

Le plus souvent nous avons employé les condensateurs. Quelques mesures de contrôle ont été faites avec le pistolet de Weiss : les résultats sont concordants.

Nos expériences ont porté sur six sujets différents, sur l'œil droit et sur l'œil gauche.

La *rhéobase* est toujours très petite : en volts, elle est comprise entre 2 et 10 volts; en milliampères, elle est toujours inférieure à $\frac{1}{10}$ de milliampère et souvent inférieure à $\frac{1}{100}$ de milliampère, ce qui la rend non mesurable avec les milliampèremètres courants.

En explorant les différents secteurs du globe oculaire, tantôt avec le pôle négatif, tantôt avec le pôle positif, on voit que toutes les valeurs de la chronaxie se groupent en deux séries nettement distinctes. L'une des séries comprend les chronaxies comprises entre $1^{\sigma},1$ et $1^{\sigma},9$. L'autre série groupe les chronaxies comprises entre $2^{\sigma},1$ et $2^{\sigma},7$. Voici une liste des valeurs de la chronaxie trouvées chez nos six sujets; dans chaque série, les chronaxies sont classées par ordre de grandeur croissante : chaque valeur ne figure qu'une fois, mais chacune a pu être observée dans plusieurs expériences :

1re série : $1^{\sigma},12$; 1,20; 1,24; 1,28; 1,32; 1,44; 1,56; 1,68; 1,72; 1,76; 1,84; 1,88;
2e série : $2^{\sigma},12$; 2,16; 2,20; 2,24; 2,28; 2,32; 2,36; 2,44; 2,52; 2,60; 2,68.

Dans la première série, les chronaxies comprises entre $1^{\sigma},12$ et $1^{\sigma},3$ et les chronaxies comprises entre $1^{\sigma},6$ et $1^{\sigma},9$ sont les plus rarement observées. Nous n'avons même rencontré qu'une seule fois les chronaxies $1^{\sigma},84$ et $1^{\sigma},88$. Le plus grand nombre a été compris entre $1^{\sigma},3$ et $1^{\sigma},6$. De même dans

---

(2) La chronaxie est exprimée en $\frac{1}{1000}$ de seconde qu'on désigne par la lettre σ.
(1) G. Bourguignon, *loc. cit.*, p. 79 et suiv.

la deuxième série, nous n'avons trouvé qu'une seule fois les chronaxies de 2^{σ},12, de 2^{σ},16 et de 2^{σ},68. Au contraire, les chronaxies comprises entre 2^{σ},20 et 2^{σ},60 ont été rencontrées chacune plusieurs fois. Comme, d'autre part, nous n'avons jamais rencontré de chronaxies comprises entre 1^{σ},88 et 2^{σ},12, il y a bien une séparation entre les deux séries.

L'existence de deux groupes de chronaxies étant établie, nous avons cherché quelle pouvait en être la signification.

Nous nous sommes d'abord rendu compte que le sujet peut nettement localiser le phosphène dans son œil et qu'on peut classer les phosphènes en deux catégories suivant qu'ils sont centraux ou périphériques. Mais, pour cette localisation, il faut prendre garde à la direction de l'axe de l'œil. Il ne faut donc pas se baser sur une localisation faite l'œil fermé. Il faut soit opérer sur l'œil ouvert, chose possible, comme nous nous en sommes rendu compte, soit laisser ouvert l'œil sur lequel on n'opère pas en faisant fixer un point au sujet pour déterminer une orientation fixe de l'axe des yeux.

Dans ces conditions, *toutes les fois que l'excitation électrique donne un phosphène central, la chronaxie appartient à la deuxième série*, celle des chronaxies les plus grandes; au contraire, *toutes les fois que le phosphène est localisé à la périphérie, que ce soit en dedans, en dehors, en haut ou en bas, la chronaxie appartient à la première série*, celle des chronaxies les plus petites.

On peut donc dire que la chronaxie correspondant aux phosphènes périphériques est comprise entre 1^{σ},1 et 1^{σ},9 et que la chronaxie correspondant aux phosphènes centraux est comprise entre 2^{σ},1 et 2^{σ},8. Remarquons que, dans chacune de ces séries, l'écart entre les valeurs extrêmes est plus petit que dans les mesures de chronaxie des nerfs moteurs et des muscles.

Voici un exemple de cette expérience sur un même sujet :

Œil droit (méthode monopolaire).

Situation de l'électrode.	Localisation du phosphène.	Chronaxie.
		σ
Ligne médiane, sur la paupière inférieure.......	Périphérique	1,76
Angle externe................................	Périphérique	1,56
Électrode sur l'œil fermé dans l'axe de la pupille..	Central	2,68

Les résultats sont les mêmes avec l'excitation bipolaire, comme nous l'avons constaté chez un autre sujet.

Voici d'autre part une série de valeurs de la chronaxie suivant la locali-

sation du phosphène sur différents sujets :

Phosphène central : $2^{\sigma},08$; 2,20 ; 2,32 ; 2,42.
Phosphène périphérique : $1^{\sigma},20$; 1,28 ; 1,32 ; 1,44 ; 1,56 ; 1,72 ; 1,88.

Nous avons même réussi à faire des lois d'Hoorweg pour le phosphène central et pour le phosphène périphérique ; ces lois mettent le même fait en évidence.

L'excitation bipolaire, montrant qu'il s'agit bien d'une excitation intra-oculaire et non d'une excitation du nerf optique à distance et la localisation du phosphène permettant de localiser la région rétinienne excitée, l'hypothèse la plus vraisemblable pour expliquer l'existence des deux chronaxies de l'œil est que la petite chronaxie ($1^{\sigma},1$ à $1^{\sigma},9$) est celle des régions de la rétine les plus riches en bâtonnets, et que la grande chronaxie ($2^{\sigma},1$ à $2^{\sigma},8$) est celle de la région de la fovea, qui ne renferme que des cônes. Ces résultats sont d'ailleurs d'accord avec ceux de N. Kleitman et H. Piéron, qui ont, indépendamment de nous, étudié l'excitabilité des différentes régions de la rétine pour la lumière et ont montré que les bâtonnets sont des organes plus rapides que les cônes ([1]).

Comme il est peu probable que les cônes et les bâtonnets, appareils sensoriels, soient très excitables par l'électricité et qu'il est vraisemblable que l'excitation électrique agit de préférence sur les éléments nerveux correspondants, il est légitime de supposer que c'est la chronaxie des éléments nerveux et non des appareils terminaux que nous avons mesurée. Aux bâtonnets, organes rapides, correspondraient donc des éléments nerveux de chronaxie plus petite que ceux qui correspondent aux cônes, organes plus lents.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur le diabète insipide et la diurèse.* Note ([2]) de MM. **Jean Camus** et **J.-J. Gournay**, présentée par M. Charles Richet.

La lésion du *tuber cinereum*, indépendamment de toute atteinte de l'hypophyse, détermine expérimentalement une polyurie considérable, parfois un diabète insipide permanent. La lésion des noyaux du *tuber* n'agit pas

([1]) N. Kleitman et H. Piéron, *Société de Biologie*, t. 91, n° 25, 1924, p. 456.
([2]) Séance du 17 novembre 1924.

alors sur les reins par voie nerveuse, car l'énervation complète des reins n'empêche pas la polyurie. Si le phénomène ne se produit pas par l'intermédiaire du système nerveux rénal, c'est donc qu'il se produit par voie humorale.

Nous avons montré que, chez les animaux, le diabète insipide est lié à un trouble du métabolisme des nucléo-protéides (diminution de l'acide urique des urines et augmentation des autres purines ainsi que des phosphates) (1).

Cette constatation nous a amenés à penser que ces purines ont un rôle diurétique dans l'organisme, rôle analogue à celui de la théobromine, de la caféine, qui, on le sait, sont des purines.

La preuve directe du bien-fondé de cette hypothèse a été apportée par nous quand nous avons produit une diurèse considérable par l'injection à des animaux normaux de bases puriques préparées chimiquement (2).

Le complément naturel de ces recherches était l'étude du métabolisme des nucléoprotéides chez les hommes atteints de diabète insipide ou de polyurie.

Nous avons pu réunir quatre cas de diabète insipide avec analyses des urines. Nous avons employé la méthode de Ronchese pour le dosage de l'acide urique et la méthode d'Haycraft-Denigès pour le dosage des purines totales. Les deux résultats étant connus, une simple soustraction indique la quantité de purines autres que l'acide urique.

Nous ne donnons ici que les chiffres de nos analyses, se rapportant toujours à 24 heures.

1° *Diabète insipide; syphilis; métastases de néoplasme du sein* (régime normal) :
Volume urinaire, 3000; acide urique, 0g,28; bases puriques, 0g,93.
2° *Diabète insipide; syphilis ancienne* (régime ordinaire hypochloruré) :
Le 23 mars 1924 : volume urinaire, 13000; acide urique, 0; bases puriques, 3g,67.
Le 2 avril 1924 : volume urinaire, 15000; acide urique, 0; bases puriques, 3g,46.
3° *Diabète insipide* (régime déchloruré) :
Volume urinaire, 4000; acide urique, 0,18; bases puriques, 1g,14.
4° *Diabète insipide; éthylisme chronique, aucune lésion rénale* (régime normal).
Le 23 mars 1924 : volume urinaire, 4500; acide urique, 0g,38; bases puriques, 0g,97.
Le 2 avril 1924 : volume urinaire, 4500; acide urique, 0g,50; bases puriques, 0g,94.

Dans tous ces cas on note une diminution de l'acide urique et

(1) *Sur le mécanisme du diabète insipide* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 289).
(2) *Action diurétique des bases puriques* (*Société de Biologie*, t. 90, 1924, p. 335).

surtout une augmentation des bases puriques par rapport à la normale.

Il est permis de se demander si nos méthodes de dosage nous donnent très exactement la quantité d'acide urique et le chiffre des autres purines; il est possible que dans ces méthodes combinées, ce dernier chiffre englobe sous une forme un peu spéciale une partie de l'acide urique de l'urine. Afin de limiter les erreurs, nous avons fait établir le contrôle de nos analyses dans quatre laboratoires par des chimistes différents; les résultats ont été voisins, ou tout au moins sont restés dans le même sens, dénotant l'augmentation considérable des purines.

La malade de MM. Babonneix, Hutinel et Azerad a fait l'objet d'une communication indépendante de nos recherches et les auteurs, sans s'occuper du mécanisme que nous voulons mettre en lumière, avaient publié une analyse indiquant un chiffre de $0^{g},02$ d'acide urique par litre d'urines, soit 0,08 à 0,10 par 24 heures, chiffre infiniment au-dessous de la normale, ce qui n'était pas sans intérêt pour nous; cette malade, revue trois mois plus tard, avait encore une quantité faible d'acide urique et par contre une grande quantité d'autres purines.

Dans l'observation de Mlle Le Breton et de M. Kayser (prise à Strasbourg) les analyses, poursuivies avec une technique différente et plus précise, ont fourni des chiffres qui conduisent exactement aux mêmes conclusions que les nôtres.

Indépendamment des cas de diabète insipide que nous avons cités plus haut, nous avons examiné les urines de malades atteints d'affections aiguës avant et pendant la crise urinaire et nous avons noté le même phénomène : l'augmentation très importante des purines autres que l'acide urique.

D'après les recherches expérimentales de Jean Camus et G. Roussy, la polyurie et le diabète insipide sont causés par une lésion du *tuber* et en particulier des noyaux propres du *tuber*. D'après nos derniers travaux, cette lésion apporte une perturbation dans le métabolisme des nucléo-protéides, une augmentation de l'élimination de purines diurétiques. Le mécanisme est donc double, à la fois nerveux et humoral. La lésion nerveuse n'est pas nécessaire pour produire la polyurie, car l'augmentation des purines diurétiques peut, sans aucun doute, se faire sans elle. Mais le système nerveux intervient là, comme ailleurs, à titre d'agent régulateur.

Si nous rapprochons les conclusions de la présente Communication de celles que nous avons faites dernièrement à l'Académie de Médecine avec M. A. Le Grand, nous voyons que le *tuber* contient côte à côte d'une part des

centres régulateurs du métabolisme des hydrates de carbone, d'autre part des centres régulateurs du métabolisme des nucléo-protéides.

A $15^{h}50^{m}$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^{h}30^{m}$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 5 janvier 1925.)

Note de M. *L. Lecornu*, Sur la déformation tétraédrique :

Page 24, ligne 1, *au lieu de* maximum de symétrie, *lire* maximum de simplicité et de symétrie.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de décembre 1924 (*suite et fin*).

Cours d'Astronomie appliquée et Géodésie professé à l'École spéciale des travaux publics, du bâtiment et de l'industrie, par H. Roussilhe. Paris, Léon Eyrolles, 1924; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Moteurs à combustion interne, par Paul Dumanois. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1924; 1 vol. 23^{cm},5.

Principes d'Algèbre et d'Analyse, par Émile Borel. Paris, Albin Michel, 1924; 1 vol. 19^{cm},5.

La vie par le stade, par A. Thooris. Paris, Amédée Legrand, 1924; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

L'angoisse humaine, par Maurice de Fleury. Paris, les Éditions de France, 1924; 1 vol. 19^{cm}. (Présenté par M. E. Roux.)

Spirochétoses respiratoires stomatogènes, par G. Delamare. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 vol. 20^{cm}. (Présenté par M. H. Vincent.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JANVIER 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Collègues,

Combien cette année commence fâcheusement pour nous, combien est triste mon accession à la présidence! Il y a quinze jours, en prenant possession de ce fauteuil, j'avais à déplorer la mort de M. Bergonié; aujourd'hui, c'est pour un nouveau deuil qu'il me faut prendre la parole. Notre confrère M. **L. Maquenne** est mort aux dernières heures de cette nuit, emporté brusquement par une fluxion de poitrine que sa constitution affaiblie était incapable de vaincre. Depuis quelques années, il se sentait physiquement amoindri, et perdait progressivement ses forces; il lutta de son mieux contre cette déchéance organique et, jusqu'au bout, conserva l'intégrité de ses fonctions intellectuelles. Il assistait régulièrement à nos séances, bien qu'à la fin il dût fournir un grand effort pour s'y rendre; jeudi dernier il se rendit encore à l'Assemblée mensuelle des professeurs du Muséum. Mais ce fut sa dernière sortie, la sortie qui devait lui être fatale. Une pneumonie se déclara qui fit des progrès rapides; hier au soir, il était dans un état désespéré; quelques heures plus tard, c'était la fin.

Je ne puis, comme je le voudrais, retracer sa carrière scientifique, le temps m'a fait défaut pour cela. Laissez-moi seulement en marquer les principales étapes.

Maquenne fut un élève, le meilleur élève de notre regretté confrère Dehérain, qui en fit son préparateur à Grignon (en 1871), et dix années

plus tard (1883), le choisit comme aide-naturaliste dans la chaire de culture qu'il venait d'occuper au Muséum. En 1898, Maquenne quitta le laboratoire de Dehérain pour remplacer Georges Ville dans la chaire de physique végétale, à laquelle il adjoignit le service de physiologie végétale lorsque, à la mort de Dehérain, en 1902, la chaire de culture du Muséum devint la chaire de cryptogamie qu'occupe actuellement notre confrère M. Mangin. En 1904, il remplaçait Duclaux dans notre Compagnie.

Durant sa carrière scientifique assez longue, Maquenne a fait preuve d'une activité jamais lassée et réalisé une œuvre de physique végétale très importante.

Parmi ses recherches les plus originales, il faut citer en premier lieu ses travaux sur les sucres, qui l'ont conduit à établir la constitution chimique de l'inosite et de la perséite, et ceux relatifs à la saccharification de l'amidon, qui mettent en lumière les processus suivant lesquels la matière amylacée se forme et disparaît chez les plantes. Nul mieux que lui n'a fait connaître les phénomènes intimes de la respiration chez les végétaux; cette question le passionnait entre toutes, il l'aborda en collaboration avec Dehérain et la poursuivit plus tard avec son assistant, M. Demoussy. Au cours de ces dernières années, des recherches approfondies lui ont montré l'importance de certaines matières minérales dans la végétation, de la chaux, par exemple, qui est indispensable aux plantes, ou du cuivre qui, dans certains cas, est pour elles un toxique. Enfin, dans une voie bien différente, c'est lui qui prépara avant tout autre le carbure de calcium et de baryum, devançant ainsi de quelques mois la grande découverte de Moissan, celle du carbure de calcium et de la préparation industrielle de l'acétylène.

La vie de Maquenne fut bien remplie, mais le regret poignant de notre confrère, celui qui marquait sa face depuis des années, c'était de ne pouvoir la remplir davantage. Ce travailleur infatigable ne pouvait plus travailler; est-il, pour un homme de science, affliction plus grande! Il réagit courageusement, dans la mesure où il pouvait réagir, et, voici moins d'une année, il nous faisait encore une Communication sur la chlorophylle; sa voix était restée claire, sa parole nette, son exposé lucide, car il fut toujours un merveilleux professeur. Nous ne l'entendrons plus, hélas! mais il nous restera sa mémoire, et ses importants travaux feront vivre son souvenir. Au nom de l'Académie, j'adresse à sa famille nos profondes condoléances.

Je lève la séance en signe de deuil.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur l'absorption exceptionnellement intense d'une radiation par l'atome qui vient de l'émettre.* Note de MM. **Maurice de Broglie** et **Jean Thibaud.**

Une récente Note de M. Pierre Auger (¹) a attiré l'attention sur l'absorption exceptionnellement intense qui paraît se présenter au sein d'un atome pour une radiation qu'il vient lui-même d'émettre; il arrive très souvent qu'un atome qui devrait émettre une radiation électromagnétique périodique, la convertisse sur place en une émission d'électrons, alors même que la probabilité de l'absorption photo-électrique pour des rayons qui viennent de l'extérieur est très faible.

On trouve un effet du même genre en examinant les spectres corpusculaires dus aux rayons X, décrits il y a quelque années (²) : les électrons, provenant de la réabsorption des raies de fluorescence émises dans le radiateur même, donnent des raies beaucoup plus intenses que les électrons directement émis sous l'influence des rayons excitateurs, alors que l'on devrait s'attendre à un effet inverse.

En comparant les intensités respectives des raies corpusculaires dues à la conversion dans le même élément :

1° De la radiation K du tungstène (doublet α);

2° Des raies de fluorescence K de l'élément ionisé; l'intensité relative des secondes par rapport aux premières croît régulièrement avec le nombre atomique (éléments étudiés : cuivre, argent, iode, baryum) sans marquer de variation lorsque l'énergie $h(\nu_K - \nu_L)$ liée à la fluorescence dépasse l'énergie $h(\nu - \nu_K)$ des électrons libérés par la radiation incidente, ce qui a lieu pour l'iode, où les raies de fluorescence encadrent exactement le doublet α. La loi de Bragg en $N^4\lambda^3$, combinée à la loi de Moseley, donnerait une variation en sens inverse de celle observée. L'absorption privilégiée sur place dans l'atome émetteur *paraît croître avec le nombre atomique.*

D'autre part, dans les transformations radioactives à émission β et γ simultanées, pour lesquelles le *spectre* β *naturel* est dû très certainement à un effet photo-électrique des rayons γ sur les couches électroniques des

(¹) Pierre Auger, *Comptes rendus*, t. 180, 1925, p. 65.

(²) Maurice de Broglie, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 274, 527, 746 et 806, et t. 173, 1921, p. 1157.

atomes en désintégration, on constate un fait également favorable à l'hypothèse d'une réabsorption privilégiée sur place : si l'on convertit le rayonnement γ de la substance en photo-électrons secondaires dans un radiateur isotope de l'atome en désintégration, on produit un *spectre* β *excité* identique au spectre β naturel émis par cette même substance. On constate une *disproportion* considérable entre les intensités des raies correspondantes de ces deux spectres β.

Dans une expérience particulièrement frappante, le spectre β naturel du mésothorium était obtenu par déviation magnétique et enregistrement photographique en 15 à 30 minutes : il fallait au moins 4 heures pour obtenir une intensité comparable d'un spectre β excité par ce même mésothorium dans une lame de plomb. Le rapport des intensités globales émises est de 1 à 10 très grossièrement. C'est ce qui explique la difficulté d'obtention des spectres β excités.

C'est l'atome émetteur du rayonnement γ (ou son produit de désintégration) *qui possède la probabilité la plus grande d'absorber ce rayonnement et de le convertir en photo-électrons.* Ellis a formulé d'ailleurs une opinion analogue sur ce sujet (¹).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le surcreusement fluvial. Exemple du Rio Negro d'Uruguay.* Note (²) de M. **Maurice Lugeon.**

Dans une Note précédente (³), j'ai montré, en rappelant les exemples du Rhône et du Fier, que le Rio Uruguay présentait d'admirables exemples d'ondulations du profil longitudinal rocheux du lit fluvial. Sur une très grande longueur, le fleuve montre des ombilics allongés avec des contre-pentes des plus typiques.

J'ai eu l'occasion, en hiver 1924, d'étudier localement, pour l'implantation de barrages, le Rio Negro, le grand cours d'eau qui traverse de l'Est-Nord-Est à l'Ouest-Sud-Ouest la République orientale de l'Uruguay.

Ce fleuve présente un caractère torrentiel des plus remarquables. Son débit, dans la région supérieure de Tacuarembo, par exemple, peut tomber à 4^{m^3} pour atteindre les énormes masses de 3000 dans les périodes pluvieuses.

(¹) Ellis, *Proc. Roy. Soc.*, t. **99**, 1921, p. 261.
(²) Séance du 12 janvier 1925.
(³) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 1378.

Dans son ensemble, le fleuve s'écoule à travers un vieux pays que l'on peut subdiviser, d'après la carte géologique esquissée par M. K. Walther [1], en deux régions naturelles de l'amont vers l'aval:

a. Région supérieure à partir des sources, jusqu'à environ 250^{km} de Mercédès, constituée par les étages de Tubarao, de Passa Dois et Sao Beato du Permien et du Trias;

b. Région inférieure, de l'aval de Passo de Quinteros à Mercédès, formée par les roches cristallines.

Le profil en long révèle manifestement ces deux subdivisions. Sur la région cristalline, la pente moyenne, comptée à partir du petit rapide de Cololo (37^{km} de Mercédès), est, pour 182^{km}, de $\frac{19,5}{100000}$ alors qu'elle s'abaisse pour 222^{km} à $\frac{13,5}{100000}$ pour la région supérieure.

Le fleuve est en plein travail de fixation de sa courbe d'équilibre, ce que démontrent les nombreux rapides situés de préférence dans la région cristalline.

Pour connaître le détail des accidents longitudinaux du lit fluvial, un profil en long de ce lit a été établi avec un soin digne des plus grands éloges par le Service hydrographique de la République orientale de l'Uruguay, sous la direction éclairée de deux ingénieurs éminents, MM. V. Benavides et F.-A. Rodriguez.

L'examen de ce profil, levé sur 480^{km} de longueur, montre une irrégularité constante du fond du lit sous la ligne de courant. Parmi les contre-pentes, il en est qui ne présentent rien d'exceptionnel par leur faible profondeur et par le fait que bon nombre sont déterminées par des bancs mobiles. Il en est ainsi dans la presque totalité de la plate-forme permotriasique.

Les ombilics importants ne commencent que dans la zone aval de la région supérieure et prédominent dans la région inférieure.

Pour retrouver aisément ces ombilics, et pour faciliter dans l'avenir leur étude détaillée sans les confondre les uns avec les autres, nous respectons ici le kilométrage officiel des profils du Service hydrographique de la République. Le zéro est placé au Passo de los Toros, situé à 317^{km} en amont de Mercédès. Du reste, tous les ombilics sont situés sur le kilométrage inférieur compris entre Passo de los Toros et la mer.

---

(1) K. WALTHER, *Lineas fondamentales de la Estructura geologica de la Republica o. del Uruguay* (*Revista del Instituto nat. de Agronomica*, 2e série, n° 3, Montevideo, 1919).

Numéros d'ordre.	Kilométrage.	Profondeur de l'ombilic sous le niveau d'étiage.	Situation.
	Région géologique supérieure.		
1	6	5,5 m	amont de rapide
2	13	4,8	»
3	37,5	7	région en pente
4	50	6	amont de rapide
5	61,5	5	»
	Région géologique inférieure.		
6	64,5	9	dans les rapides
7	74	9	amont de rapides
8	80,5	7,5	dans les rapides
9	94	7,5	en palier
10	107	9	faible pente
11	118,5	9	amont de rapide
12	122	10	dans les rapides
13	131	12,5	»
14	142,5	9	amont de rapides
15	169	9,5	en palier
16	172	8,5	aval de petits rapides
17	178,2	6,5	en palier
18	192,4	5,8	»
19	204 (F)	12	»
20	212	8	amont de rapides
21	219,3	5,5	en palier
22	271,6(F)	8	sous rapide

Les ombilics F ont leur fond *au-dessous* du niveau de la mer; l'ombilic 19 est à environ 140^{km} du débouché du Rio Negro dans le Rio Uruguay.

L'examen de ces divers ombilics montre, à part quelques-uns d'entre eux, 6, 8, 12, 13, 16 et 22, qui se trouvent en aval ou dans des rapides, qu'ils ne peuvent être les creux abandonnés d'anciennes cascades. La plupart se trouvent en amont de rapides ou dans les paliers.

Ainsi que je l'ai fait remarquer pour le Rio Uruguay, le fait du non-alluvionnement de ces creux témoigne de leur activité contemporaine.

Nous ne nous cachons pas que, sans études locales sur la forme en plan du lit du fleuve, on ne peut savoir si ces ombilics sont tous dus à la contraction du périmètre mouillé, mais la localisation fréquente de ces ombilics

en amont de rapides, ou de tronçons très inclinés, laisse penser qu'ils sont le résultat de la remontée de la veine liquide sur elle-même, gênée en avant par un banc dur.

Le creusement du lit fluvial est donc le résultat de phénomènes complexes.

a, par mouvements tourbillonnaires en palier.

b, par filets linéaires [1] sur le bord du lit majeur ainsi que je l'ai démontré par les exemples de la Yadkin River aux États-Unis et par l'Ardèche.

c, par contraction transversale de la veine liquide déterminée par la résistance des rives et donnant lieu à des ombilics *au passage et en aval* du banc dur.

d, par remontée de la veine liquide donnant lieu à des ombilics *en amont* des obstacles.

e, par la chute verticale ou oblique au pied de cascades ou à l'aval de rapides.

Dans les cas *c*, *d*, *e*, l'attaque se fait soit par tourbillons, soit par filets linéaires.

M. A. **Haller** fait hommage à l'Académie d'un livre dont il a écrit la *Préface :*

Les Conférences, faites en 1923, dans notre Laboratoire de la Sorbonne, viennent d'être réunies par la librairie Octave Doin en un volume qui constitue le Tome 3 des *Actualités de la Chimie contemporaine*.

Ces conférences ont porté :

1° Sur la théorie de l'affinité variable et ses applications en Chimie organique, par M. A. Orekoff;

2° Sur le diamagnétisme et la constitution chimique, par M. Pascal ;

3° Sur la signification des constantes dans les propriétés additives, par M. F. Swartz ;

4° Sur la chimie de l'indène, par M. Ch. Courtot ;

5° Sur les essences de térébenthine, par M. G. Dupont ;

6° Sur les dialcoyl-éthinyl-carbinols et les composés qui en dérivent, par M. R. Locquin.

Chacune d'elles constitue une mise au point de la question étudiée, avec les contributions et les vues personnelles que les auteurs y ont apportées.

---

(1) *Sur un nouveau mode d'érosion fluviale* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 582). — *Le striage du lit fluvial* (*Ann. de Géographie*, t. 23-24, 1915, p. 385 à 393, pl. XI). — *Sur un nouvel exemple de striage du lit fluvial* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 828).

M. **Pierre Termier**, présentant à l'Académie l'ouvrage de M. Rudolf Staub, *Der Bau der Alpen* et la *Tektonische Karte der Alpen* du même auteur, s'exprime ainsi :

Der Bau der Alpen, Versuch einer Synthese vient de paraître dans les *Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse* (nouvelle série, 52e livraison); et la *Tektonische Karte der Alpen*, à l'échelle du millionième, est parue quelques mois plus tôt, publiée par la Commission géologique de la Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Le livre et la carte, signés du même nom, Rudolf Staub, constituent un monument magnifique où se résume, dans une émouvante simplicité, la structure de la chaîne alpine, entre Nice et Vienne.

L'auteur, qui est un des plus brillants disciples de notre illustre correspondant Albert Heim, a largement contribué, depuis 12 ou 15 ans, au progrès de nos connaissances analytiques. Nous lui devons la patiente étude et l'explication quasi définitive des Alpes des Grisons, où avaient travaillé avant lui Steinmann, puis les élèves de Steinmann et avec eux Zyndel. Ce qu'ont fait, pour les Préalpes et les Nappes helvétiques Maurice Lugeon, pour les Alpes pennines Émile Argand, pour le Salzkammergut Émile Haug, pour les Hohen Tauern Léopold Kober, Rudolf Staub l'a fait pour la région, effroyablement compliquée, qui va du lac Majeur à la *fenêtre* de la Basse-Engadine. Et l'on a l'impression que, là où est passé cet ardent, intrépide et sagace coureur de montagnes, il ne reste plus grand'chose à glaner pour l'observation géologique.

En 1922, ayant visité avec Léopold Kober et avec moi la chaîne des Tauern et le *pays de racines* qui court au sud de cette chaîne, Rudolf Staub a conçu le projet d'écrire une synthèse des Alpes et de l'illustrer par une carte tectonique détaillée : projet déjà formé et réalisé par Léopold Kober. La synthèse de Staub, que je présente aujourd'hui, et celle de Kober, que j'ai présentée l'année dernière, se complètent et se fortifient. L'une et l'autre affirment l'unité de structure de la chaîne et la réalité des *grandes nappes*, poussées de l'intérieur de l'arc alpin vers l'extérieur, qui couvrent encore ou ont jadis couvert tout le pays alpin; l'une et l'autre, par conséquent, proclament et assurent le triomphe définitif de la doctrine française énoncée ici il y a plus de vingt ans. Elles ne divergent, ces deux synthèses, que quand elles abordent la question des Dinarides et la signification du *bord alpino-dinarique*. Pour Staub, comme pour Émile Argand, les

Dinarides, dont plusieurs témoins isolés subsisteraient encore, *flottant* sur les Alpes, seraient le bord septentrional extrême du pays africain, poussé du Sud au Nord et montant, en *traîneau écraseur*, sur la région européenne; le bord extrême de la *Gondwanie* chassée et charriée sur l'ancienne *Téthys*.

Quoi qu'il en soit des causes *profondes* de l'orogénie, l'ouvrage et la carte de Rudolf Staub demeureront classiques, tout comme l'ouvrage de Léopold Kober, et tout comme cette étonnante *Tectonique de l'Asie* où Émile Argand vient d'écrire, à propos des Alpes, de si belles pages.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le fascicule 5, tome troisième, de la *Flore générale de l'Indo-Chine : Composées (fin)*, par F. Gagnepain. *Stylidiacées*, par P. Danguy. (Présenté par M. H. Lecomte.)

2° C. Moreau-Berillon. *Au pays du champagne. Le vignoble. Le vin.* Préface de Léon Bourgeois. (Présenté par M. D. Berthelot.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Loi harmonique de la distribution des erreurs d'observation.* Note de M. **Calichiopulo**, présentée par M. d'Ocagne.

Dans le plan, l'ensemble des erreurs d'observation distribuées selon la loi exponentielle peut se répartir entre M régions d'égale probabilité, limitées par M — 1 ellipses concentriques et homothétiques ayant pour paramètre la quantité H_i (¹). On sait que ce paramètre est proportionnel à l'aire enfermée dans l'ellipse correspondante (KH_1, KH_2, ..., KH_i, ..., KH_{M-1}). Nous avons obtenu le théorème suivant :

Dans la répartition en M *régions d'égale probabilité (pour* M *assez grand) l'aire de l'ellipse centrale et celles des couronnes elliptiques successives, sont respectivement proportionnelles aux termes de la série harmonique*

$$\frac{1}{M}, \quad \frac{1}{M-1}, \quad \frac{1}{M-2}, \quad \ldots.$$

(¹) Voir J. Bertrand, *Calcul des probabilités*, p. 235.

Il suffit, pour le démontrer, de faire voir que l'aire d'une même ellipse de rang i (probabilité p_i) calculée au moyen du paramètre H_i de la théorie exponentielle et l'aire calculée par la méthode de la série harmonique, aboutissent à deux expressions qui coïncident, à moins d'un certain résidu d'approximation qui diminue pour les valeurs croissantes de M.

D'après la méthode exponentielle, la probabilité p_i à l'intérieur de l'ellipse de rang i est donnée par

$$p_i = 1 - e^{-H_i}, \qquad \text{d'où} \qquad H_i = \log_e \frac{1}{1-p_i}.$$

D'autre part, d'après la loi harmonique $\left(\text{étant donnée la subdivision progressive en couronnes de probabilité } \frac{1}{M}\right)$, $p_i = \frac{i}{M}$ et l'aire de l'ellipse de rang i sera proportionnelle à $\sum \frac{1}{M} - \sum \frac{1}{M-i}$, les sommes se rapportant aux termes de la série harmonique $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \ldots$ (c'est-à-dire M ellipses et non $M-1$; la région extrême est aussi une couronne elliptique; voir *Remarque II*). En appliquant à la différence ci-dessus la formule asymptotique

$$\sum \frac{1}{M} = \log_e M + C + \frac{1}{2M} - \frac{1}{12M^2} + \cdots,$$

où C est une constante (Euler), on a

$$\log_e M - \log_e(M-i) - \Delta \qquad \text{ou} \qquad \log_e \frac{1}{1-\frac{i}{M}} - \Delta;$$

mais $\frac{i}{M} = p_i$; dès lors, l'aire de l'ellipse de rang i sera proportionnelle à $\log_e \frac{1}{1-p_i}$.

Le premier terme coïncide avec l'expression H_i de la loi exponentielle et le deuxième terme est un résidu d'approximation : le théorème énoncé en résulte. La valeur de H_i est approchée par défaut; Δ diminue lorsque M augmente et que i diminue (voir la Table).

Les couronnes elliptiques de la loi exponentielle, même pour $M = 100$, donnent déjà des aires assez proches des termes de la série harmonique : ellipse centrale $\frac{1}{100}$; couronne $0,02 - 0,01$ ($0,0101$; $\frac{1}{99} = 0,0101$); $0,25 - 0,24$ ($0,0132$; $\frac{1}{76} = 0,0132$); $0,50 - 0,49$ ($0,0197$; $\frac{1}{51} = 0,0196$); $0,75 - 0,74$ ($0,0390$; $\frac{1}{26} = 0,0385$), etc.

Remarque I. — Pratiquement, il suffit que $M = 50$. Quand il s'agit d'un petit nombre m de régions, m étant trop au-dessous de 50, on fera les calculs pour un multiple

$M = \mu m \gtreqqless 50$. Dans l'exemple de tir à la cible donné par J. Bertrand (10 régions d'égale probabilité), on obtiendra aisément les valeurs de H très proches de celles de Bertrand en faisant $\mu = 10, 100, 1000, \ldots$ On a :

	H loi	H loi harmonique.				
p_i.	exponentielle.	$\mu = 10000$.	Δ.	$\mu = 100$.	Δ.	Dénomination de l'ellipse.
0,20	0,223144	0,223142	—0,000002	0,223019	—0,000123	axes = écarts probables linéaires
0,25	0,287682	0,287680	—0,000002	0,287515	—0,000167	ellipse du premier quart
0,40	0,510826	0,510822	—0,000004	0,510492	—0,000344	ellipse d'inflexion de la *cloche*
0,50	0,693148	0,693142	—0,000006	0,692647	—0,000501	ellipse probable
0,75	1,386294	1,386279	—0,000015	1,384795	—0,001500	ellipse du dernier quart

Pour $\mu = 10000$, l'approximation est frappante; mais, pour $\mu = 100$, elle descend aussitôt. Les axes des ellipses seront proportionnels à $\frac{\sqrt{H_i}}{0,4769}$.

Remarque II. — La loi harmonique est une loi adaptée à la pratique, qui ne comporte que des erreurs maxima finies, et la région extrême est encore une couronne elliptique dont l'ellipse extérieure (homothétique et concentrique aux autres) aura pour axes principaux les valeurs des erreurs maxima. Alors *les aires des couronnes, du contour jusqu'à l'ellipse centrale, seront proportionnelles aux termes de la série harmonique* $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \ldots, \frac{1}{M}$.

Du théorème qui précède, on peut passer très aisément, par un procédé qui s'aperçoit immédiatment, de la distribution sur le plan à la répartition des erreurs sur la droite, pour obtenir, de façon très élémentaire, la courbe classique des erreurs linéaires.

On peut ainsi sans aucune difficulté déduire de la loi harmonique, au moyen de simples calculs arithmétiques, *toutes les tables numériques* inhérentes à la théorie des erreurs dans le plan et sur la droite.

Le passage très simple de la théorie du plan à la théorie linéaire, au moyen de la loi harmonique, semble comporter un sensible avantage, car, pour les deux questions, il suffit de surmonter une seule fois la difficulté du point de départ et les objections qui s'y rapportent.

Cette simplicité de passage du cas du plan à celui de la droite suggère aussi un procédé didactique très élémentaire, qui, laissant complètement de côté la théorie exponentielle, plutôt difficile, admet pour base la loi harmonique sur le plan. L'établissement de cette loi, si simple, se justifie aussi par les conditions scientifiques imparfaites de la théorie existante aujourd'hui, car la loi exponentielle n'est pas encore clairement établie en dépit même des nombreuses vérifications expérimentales et des considérations

théoriques propres à renforcer la *conviction* dans la valeur de la théorie fondée sur son emploi, comme, par exemple, le caractère d'invariance, démontré par M. d'Ocagne au sujet de la composition des erreurs ([1]), et en vertu duquel la loi résultante conserve la même forme que les lois composantes, aussi bien dans le plan que sur la droite.

La loi exponentielle, quoique universellement admise, ne s'appuie pas en réalité sur des démonstrations rigoureuses. En effet, soit pour les erreurs linéaires (Gauss), soit pour les erreurs dans le plan (Bravais, Schols), il est bien connu que de sérieuses objections ont été faites aux hypothèses évidentes qu'elles contiennent implicitement (Bertrand, Poincaré, Borel, etc.). De même, on ne saurait encore affirmer que les récentes démontrations (Tchebichef, Markoff, Liapounof, Castelnuovo), d'un ordre très élevé et d'ailleurs assez difficiles à suivre, soient exemptes de toute objection.

Remarque sur la Communication précédente, par M. d'Ocagne.

La dernière partie de la Note qui précède ne tient pas compte des intéressants travaux de MM. J.-W. Lindeberg ([2]) et Paul Lévy ([3]), où le rôle de la loi de Gauss peut être regardé comme décidément justifié par deux méthodes entièrement différentes, mais ne reposant l'une et l'autre que sur des principes très simples dont l'idée première remonte à Poincaré. Elles consistent à montrer que la loi de Gauss résulte nécessairement de l'addition d'un grand nombre d'erreurs indépendantes et très petites. Si l'on cherche à préciser la notion d'erreur accidentelle, on est conduit à mettre dans la définition même d'une telle erreur ce qu'il faut pour permettre d'affirmer, grâce au théorème précédent, qu'elle obéit à la loi de Gauss, du moins si elle est assez petite pour que les effets des diverses causes d'erreur s'ajoutent, comme des quantités infiniment petites, sans qu'il y ait lieu de tenir compte de leurs produits ou de leurs puissances. Ce théorème explique donc de manière absolument satisfaisante le rôle de la loi de Gauss dans la théorie des erreurs.

([1]) *Comptes rendus*, t. **118**, 1894, p. 517.
([2]) *Ve Congrès des mathématiciens scandinaves*, Helsingfors, 1922, p. 77.
([3]) *Bulletin de la Société mathématique de France*, t. 52, 1924, p. 49.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Extension du théorème de Beltrami-Enneper aux réseaux conjugués d'une* V_2 *en* V_3. Note [1] de M. **Enea Bortolotti**, présentée par M. Émile Borel.

Soit γ une courbe donnée en V_n. Si à chaque point P de γ on attache une direction sortant de P et variant d'une manière continue avec le point, on forme des séries Σ_1 de directions auxquelles on peut, par un convenable procédé de généralisation, étendre les notions et les propriétés de courbure des courbes de V_n [2].

J'ai trouvé que cette généralisation conduit à établir une propriété bien simple des réseaux conjugués d'une surface dans V_3, qui généralise le théorème bien connu de Beltrami-Enneper [3] sur la torsion des lignes asymptotiques d'une surface.

Rappelons d'abord qu'à la Σ_1 considérée (qu'on peut donner moyennant un champ ∞^1 de vecteurs unitaires ξ_1 sortant des points de γ), sont associées $n-1$ autres séries de directions, dont les vecteurs $\xi_2, \xi_3, \ldots, \xi_n$ forment avec ξ_1, en chaque point de γ, un n-èdre orthogonal, et satisfont aux formules de Frenet généralisées

$$(1)\qquad \frac{\delta\xi_k}{\delta s} = \frac{\xi_{k+1}}{r_k} - \frac{\xi_{k-1}}{r_{k-1}} \qquad \left(k = 1, 2, \ldots, n; \qquad \frac{1}{r_0} = \frac{1}{r_n} = 0\right),$$

où δ désigne la différentiation covariante [4] le long de γ en V_n, et δs est l'élément d'arc de γ.

Nous appellerons $\frac{1}{r_m}$ $(m = 1, 2, \ldots, n-1)$ *la* $m^{\text{ième}}$ *courbure associée à* Σ_1 le long de γ [5]. En particulier, pour $n = 3$, $\frac{1}{r_1} = \frac{1}{R}$ et $-\frac{1}{r_2} = \frac{1}{T}$ seront

---

(1) Séance du 12 janvier 1925.

(2) Voir par exemple (aussi pour la bibliographie) W.-Fr. Meyer, *Ueber die Theorie benachbarten Geraden und einen verallgemeinerten Krümmungsbegriff* (Leipzig, Teubner, 1911); et Struik, *Grundzüge der mehrdimensionalen Differentialgeometrie*, p. 77 (Berlin, Springer, 1922).

(3) Bianchi, *Geometria differenziale*, 3e édition, vol. 1, p. 204. — Beltrami, *Opere*, t. 1, p. 301.

(4) J'adopte ici la notation employée par Schouten, *Der Ricci Kalkul*, Berlin, Springer, 1924, p. 13, 167. En coordonnées, $\delta\xi_k^{(i)} = d\xi_k^{(i)} + \sum_\lambda \left\{ {\lambda\mu \atop \nu} \right\} \xi_k^{(\lambda)} dx^\mu$.

(5) Voir Bianchi, *Sul parallelismo vincolato nella metrica degli spazi curvi* (*Rendic. Accad. d. Scienze Napoli*, série III, vol. 28, 1922, p. 161). M. Bianchi ne considère que la première courbure associée.

nommées *flexion* et *torsion associées* à Σ_1 : les directions de ξ_2, ξ_3, normale principale et binormale associées; le bivecteur ${}_2\tau = \xi_1 \cap \xi_2$ (¹), bivecteur osculateur associé.

Cela posé, on a le théorème suivant :

Étant donné, sur une surface V_2 en V_3, un réseau de lignes conjuguées, en chaque point P de V_2 le produit des torsions associées aux séries des directions des lignes d'un système sortant des points d'une ligne de l'autre est constant et égal, à part le changement de signe, à la courbure relative K_r de la V_2 en ce point.

En effet les formules (1) nous donnent, pour $n = 3$,

$$\frac{1}{T} = -R^2\left(\xi \wedge \frac{\partial \xi}{\partial s} \times \frac{\partial^2 \xi}{\partial s^2}\right), \tag{2}$$

et ensuite, si nous indiquons par $\frac{1}{T_{(ik)}}$ la torsion associée à la série $\Sigma_{(ik)}$ des directions des lignes u_i le long d'une ligne u_k,

$$\left\{\frac{1}{T_{(ik)}} = -\sqrt{\frac{a}{a_{ii}a_{kk}}}\,\frac{\left\{ {ik \atop h} \right\} \frac{\partial}{\partial x_k}\left\{ {ik \atop l} \right\} - \left\{ {ik \atop l} \right\} \frac{\partial}{\partial x_k}\left\{ {ik \atop h} \right\} + \sum\limits_{\lambda}^{(i)} \left\{ {ik \atop \lambda} \right\}\left(\left\{ {ik \atop h} \right\}\left\{ {\lambda k \atop l} \right\} - \left\{ {ik \atop l} \right\}\left\{ {\lambda k \atop h} \right\}\right)}{\sum\limits_s \left[{ik \atop s} \right]\left\{ {ik \atop s} \right\} - \frac{1}{a_{ii}}\left[{ik \atop i} \right]^2} \right. \tag{3}$$

(*ihl* perm. directe de 123),

où a_{ik}, a sont les coefficients et le discriminant de la première forme fondamentale de V_3, et $\sum\limits_{\lambda}^{(i)}$ indique qu'en la sommation, λ prend toutes les valeurs 1, 2, 3, i excepté (²).

Or, si nous prenons en V_3 la V_2 considérée comme surface $u_3 = 0$, et si nous supposons que les lignes u_3 soient les trajectoires orthogonales des surfaces $u_3 =$ const.; enfin, que sur la $u_3 = 0$ le réseau conjugué donné soit formé par les lignes u_1, u_2, la (3) nous donne

$$\frac{1}{T_{(12)}} = \frac{-a_{11}\sqrt{a}\left\{ {22 \atop 3} \right\}}{\sqrt{a_{11}a_{22}}(a_{11}a_{22} - a_{12}^2)}, \qquad \frac{1}{T_{(21)}} = \frac{a_{22}\sqrt{a}\left\{ {11 \atop 3} \right\}}{\sqrt{a_{11}a_{22}}(a_{11}a_{22} - a_{12}^2)}, \tag{4}$$

(¹) STRUIK, *loc. cit.*, p. 73.

(²) Cette notation a été introduite par BIANCHI : *Le trasformazioni di Ribaucour...* (*Annali di Matem.*, 3ᵉ série, t. 27, 1918, p. 186-187).

et, par conséquent,

$$\frac{1}{T_{(12)}}\frac{1}{T_{(21)}} = -K_r.$$

Je vais enfin indiquer deux propriétés caractéristiques des réseaux conjugués d'une V_2 en V_3, qui se rattachent à celle que je viens d'exposer, et qui contiennent des propriétés bien connues des lignes asymptotiques.

La condition (nécessaire et suffisante) pour qu'un réseau de lignes (u_1, u_2) de V_2 soit conjugué, est :

1° Que la flexion associée à $\Sigma_{(12)}$ le long des courbes u_2 [et par conséquent aussi la flexion associée à $\Sigma_{(21)}$ le long des courbes u_1] en V_3, soit en tout point de V_2 égale à la courbure associée à $\Sigma_{(12)}$ [à $\Sigma_{(21)}$] en V_2; ou bien :

2° Que le bivecteur osculateur τ associé à $\Sigma_{(12)}$ le long des lignes u_2 [ou à $\Sigma_{(21)}$ le long des lignes u_1] soit partout tangent à V_2.

Cette dernière propriété peut s'énoncer comme suit :

La condition pour que ∞^1 directions Σ_1 de V_2 en V_3, sortant des points d'une courbe γ, soient conjuguées, en tout point de γ, à la direction de γ, est que la surface géodésique tangente à V_2 en tout point P de γ contienne la parallèle (dans le sens de M. Levi-Civitá, en V_3 le long de γ) en ce point à la direction de Σ_1 qui sort du point suivant de γ (¹).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les facteurs primaires de la fonction entière.* Note (²) de M. D. **Mordouhay-Boltovskoy**, présentée par M. Émile Borel.

1. Il est bien connu que dans le développement de Weierstrass de la fonction entière transcendante $Q(z)$ en facteurs primaires

$$(1) \qquad Q(z) = e^{g(z)} z^p \prod_{n=1}^{n=\infty}\left(1 - \frac{z}{a_n}\right)e^{Q_n(z)},$$

(¹) Cette propriété est la même qui, énoncée sous d'autres formes, a servi à M. Bompiani pour étendre aux V_m en V_n la notion de directions conjuguées (*Studi sugli spazi curvi; la 2ª forma fondamentale di una V_m in V_n* (*Atti R. Ist. Veneto*, 1920-1921, t. 80, 2ᵉ partie, p. 1120), et qui se trouve indiquée dans la Conférence III (Parallelisme i curvatura en une varietat qualsevol), page 85 des *Questions de mecànicà classica i relativista* (Barcelone, 1921) de M. Levi-Civitá.

(²) Séance du 12 janvier 1925.

$g(z)$ étant une fonction entière, $Q_n(z)$ un polynome

$$Q_n(z) = \frac{z}{a_n} + \frac{z^2}{2a_n^2} + \ldots + \frac{z^\nu}{(\nu+1)a_n^\nu}$$

en cas général

$$\nu = n - 1$$

et si la série $\sum \frac{1}{|a_n|^{k+1}}$ converge

$$\nu = k.$$

M. Borel ([1]), indique la possibilité de l'*abaissement* du degré de $Q_n(z)$ selon la formule

$$(2) \qquad \nu = E\left(\frac{k \log n}{\log |a_n|} - 1\right),$$

où k est un nombre fixe quelconque supérieur à 1.

Or on peut indiquer les limites inférieures pour ν, en posant

$$(3) \qquad \nu = E\left(\frac{\omega(n) \log n}{\log |a_n|} - 1\right),$$

$\omega(n)$ étant telle que $\lim_{n=\infty} \omega(n) = 1$.

Il faut seulement chercher ν tel que

$$\Omega(n) = \sum \left|\frac{R}{a_n}\right|^{\nu+1}$$

converge pour $|a_n| > R$:

1° En posant

$$\nu + 1 > \frac{\pi(n) \log n}{|\log |a_n||}$$

et en comparant le développement

$$(4) \qquad \Sigma(n)^{-\frac{\pi(n) \log\left(\frac{R}{a_n}\right)}{\log |a_n|}}$$

avec

$$(5) \qquad \Sigma n^{-k} \qquad (k > 1);$$

nous déduisons la condition suffisante de la convergence

$$\lim |a_n|^{1-\frac{1}{\pi(n)}} = \infty,$$

([1]) E. Borel, *Leçons sur les fonctions entières*, Chap. I, p. 10; *Acta Math.*, t. 20, p. 360.

$\pi(n)$ satisfaisant aussi à la condition

$$\lim \pi(n) = 1.$$

On peut prendre pour $\pi(n)$

$$\pi(n) = \frac{1}{1 - \sqrt[\lambda]{\log|a_n|}} \qquad (\lambda > 1).$$

Nous avons la *première* formule

$$(6) \qquad \nu = \mathrm{E}\left[\frac{\log n}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt[\lambda]{\log|a_n|}}\right)\log|a_n|} - 1\right].$$

2° Au lieu du développement (5), on pourrait prendre

$$\sum \left[\frac{(\log n)^\gamma}{n}\right]^k \qquad (\gamma > 0, \quad k > 1)$$

dont la convergence se démontre facilement au moyen de la règle de Cauchy.

L'inégalité

$$-\frac{\pi(n)\log\left|\frac{R}{a_n}\right|}{\log|a_n|} > 1 - \gamma\frac{\log\log n}{\log n}$$

sera satisfaite quand

$$\lim |a_n|^{\frac{\pi(n) - \left(1 - \gamma\frac{\log\log n}{\log n}\right)}{\pi(n)}} = \infty, \qquad \lim \pi(n) = 1.$$

En posant l'exposant égal à $\sqrt[\lambda]{\frac{1}{\log|a_n|}}$, on obtient la *seconde* formule

$$(7) \qquad \nu = \mathrm{E}\left[\frac{\log n\left(1 - \gamma\frac{\log\log n}{\log n}\right)}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt[\lambda]{\log|a_n|}}\right)\log|a_n|} - 1\right].$$

Les valeurs de ν données par cette formule sont inférieures à celles que l'on obtient par (6).

3° Si pour γ on prend, au lieu d'un nombre fixe, une fonction

$$\gamma = \varepsilon[\log(\log n)]^{\delta - 1} \qquad (\delta > 1, \quad \varepsilon > 0)$$

pour laquelle la série

$$\sum \left[\frac{(\log n)^\gamma}{n}\right]^k \qquad (k > 0)$$

selon la règle de Cauchy converge, on a, en définitive, la *troisième* formule

$$\nu = \mathrm{E}\left[\frac{\log n\left[1 - \varepsilon\dfrac{(\log\log n)^{\delta}}{\log n}\right]}{\left(1 - \dfrac{1}{\sqrt[\lambda]{\log|a_n|}}\right)\log|a_n|}\right]. \tag{8}$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étude photométrique de l'éclipse totale de Lune du 14 août 1924.* Note de MM. **J. Dufay** et **A. Couder**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons pu observer cette éclipse dans un ciel pur à Saint-Geniez (Basses-Alpes, altitude 1070^{m}).

I. Pendant toute la durée du phénomène, la partie de la Lune plongée dans l'ombre est restée visible à l'œil nu et, dans une lunette de 120^{mm}, on a distingué constamment les grands traits de sa topographie.

Au voisinage de la limite de l'ombre, la pénombre montrait une légère coloration rousse. L'ombre, teintée de gris vert dans sa région marginale sur une largeur d'une dizaine de minutes, était rouge orangé dans sa partie moyenne, rouge brunâtre en son centre.

L'intensité de la lumière décroissait jusqu'au centre même de l'ombre; cette gradation était très apparente pendant la plus grande phase de l'éclipse : les bords de la Lune, surtout le bord nord, étaient alors beaucoup plus lumineux que le centre.

II. Au cours de la totalité nous avons déterminé fréquemment la grandeur stellaire visuelle de la Lune en utilisant le photomètre construit par l'un de nous pour la mesure de l'éclat du ciel nocturne ([1]). Comme le photomètre sans écran diffusant de Fabry et Buisson dont il dérive, cet instrument permet de comparer sans difficulté les grandeurs d'astres de diamètre apparent quelconque. Les planètes Mars ($m_v = -2{,}6$) ([2]) et Jupiter ($m_v = -1{,}8$) ([2]) fournissaient des repères commodes.

Quelques mesures analogues ont été faites par la méthode photographique de M. Ch. Fabry ([3]) légèrement modifiée. La Lune a été com-

---

([1]) J. Dufay, *Bulletin de la Société française de Physique*, n° 200, 4 avril 1924, p. 57, S.

([2]) *American Ephemeris.*

([3]) Ch. Fabry, *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 272.

parée à Mars et ce dernier à Véga ($mg = +0,14$) à la même distance zénithale (¹).

Si l'on porte en abscisse la distance d du centre de la Lune au centre de l'ombre, et en ordonnée les grandeurs visuelles m_v et photographique m_g, ramenées à la distance moyenne de la Lune, on obtient des courbes très régulières; les nombres suivants suffisent à fixer leurs formes.

d.	10'.	12'.	14'.	16'.	18'.	20'.	22'.	24'.
m_v........	−0,9	−1,0	−1,1	−1,2	−1,35	−1,65	−2,1	−2,7
m_g........	»	+3,2	+2,3	+1,4	+0,7	0,0	−0,7	»

III. Nous avons cherché à rapprocher ces résultats de ceux qu'a obtenus M. Danjon pendant l'éclipse des 16-17 octobre 1921 (²). Le procédé d'observation qui nous a été imposé par les instruments dont nous disposions diffère complètement du sien. Au lieu de la grandeur visuelle évaluée en lumière totale, ses mesures donnaient les valeurs de la densité de l'ombre pour plusieurs radiations monochromatiques. Aussi la comparaison a-t-elle exigé une discussion que nous reproduirons ultérieurement. Elle nous a conduit au résultat suivant :

A 10' du centre de l'ombre la grandeur stellaire de la Lune était *en lumière rouge* (λ moyen $0^{\mu},610$) $-2,8$ en octobre 1921 (³) et $-1,3$ en août 1924. La Lune était donc, pendant cette dernière éclipse, quatre fois moins éclairée que pendant la première.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la diffusion de particules en suspension.* Note de M. **J.-H. Shaxby**, présentée par M. J. Perrin.

Si les particules d'une suspension qui sont amenées par diffusion au contact des parois du récipient adhèrent au verre (comme il arrive si la suspension est légèrement acidulée), le nombre de particules atteignant ainsi les parois dans un temps donné peut être compté à l'aide d'un microscope.

(¹) Nos observations donnent pour valeur du « color-index » de Mars $+1,37$ (erreur maximum $\pm 0,06$).

(²) A. Danjon, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 706.

(³) En prenant $-12^m,55$ pour grandeur stellaire de la pleine Lune. H.-N. Russel, *Astrophysical Journal*, t. 43, 1916, p. 103.

M. L. Brillouin [1] a estimé ainsi le nombre d'Avogadro N, en utilisant une suspension dans la glycérine de petites sphères de gomme-gutte de grandeur uniforme, préparées par la méthode classique de centrifugation fractionnée de M. Jean Perrin. La valeur de N fut calculée au moyen d'une formule approchée, dans laquelle un coefficient $\frac{1}{2}$ doit être remplacé par $\sqrt{\frac{2}{\pi}}$, comme l'a démontré Smoluchowski dans une théorie complète [2].

Dans des études récentes sur le mouvement brownien [3] j'ai utilisé des coques de staphylocoques pyogènes, qui sont des sphères pratiquement parfaites, dont le diamètre est très uniforme dans une même culture. M. Perrin m'a suggéré de reprendre les expériences de M. L. Brillouin avec de tels staphylocoques.

Dans les recherches de M. L. Brillouin la grande viscosité de la glycérine rendait négligeable l'influence de la gravitation sur les particules. Les staphylocoques étant rapidement détruits par osmose lorsqu'on les immerge dans la glycérine, j'ai utilisé des suspensions dans l'eau. La vitesse de chute des particules devient alors appréciable et deux méthodes d'étude se présentent :

a. On peut utiliser une cuve profonde et compter les particules qui se fixent sur la paroi à une profondeur suffisamment grande pour être encore en contact à la fin de l'expérience avec la suspension qui tombe avec une vitesse uniforme.

b. On peut observer à des profondeurs moindres et au bout d'un temps suffisamment long pour que la suspension soit complètement tombée; dans ce cas le nombre de particules collées sur la paroi augmentera avec la profondeur, car la durée pendant laquelle une portion donnée de la paroi est en contact avec la suspension est proportionnelle à sa profondeur.

J'espère faire des expériences en utilisant la première méthode qui semble devoir être la plus précise; la présente Note est relative à des observations faites suivant la deuxième méthode qui a l'avantage de mettre en évidence la variation du nombre des particules collées en fonction du temps.

Soient n le nombre des particules en suspension par unité de volume à l'instant initial, a le rayon des particules, ζ la viscosité du liquide, V. Smoluchowski a démontré que le nombre M des particules collées par unité de

(1) *Ann. Chimie Phys.*, t. 27, 1912, p. 412.
(2) *Phys. Zeit.*, t. 17, 1916, p. 557.
(3) *Proc. Roy. Soc.*, t. 104, 1923, p. 655.

surface sur la paroi à l'instant t est donné par la formule

$$M^2 = \frac{2RTtn^2}{3\pi^2 a\zeta N},$$

R et T ayant leurs significations habituelles.

Dans le cas considéré ici, le temps t est égal à $\frac{l}{u}$, u étant la vitesse de chute de la suspension et l la profondeur de l'élément de surface considéré.

Une suspension de staphylocoques dans l'eau distillée fut placée dans une série de petites cuves faites avec des couvre-objets de microscope, dont certaines furent utilisées pour déterminer M et les autres pour déterminer n. Les premières furent placées verticalement dans un grand vase Dewar qui fut enfermé dans un placard pendant un temps suffisant pour que la suspension se soit complètement déposée. La densité superficielle des particules collées à la paroi à différentes profondeurs fut alors déterminée en plaçant un diaphragme de surface bien déterminée S dans le plan focal de l'oculaire du microscope.

Les autres cuves furent placées horizontalement, ce qui permet de déterminer n en comptant le nombre total des particules qui viennent se coller sur les parois inférieure et supérieure.

La vitesse de chute u fut déterminée en observant plusieurs coques individuelles, et le rayon a en mesurant des rangées de coques collées sur une paroi. Une très grande précision ne fut pas recherchée dans ces deux dernières mesures, car le nombre des observations faites pour déterminer M était insuffisant pour donner une grande précision dans le résultat final, dont l'erreur probable est environ 10 pour 100.

Ainsi que l'indique la théorie, le rapport $\frac{M^2}{l}$ s'est montré à peu près constant pour une suspension donnée. Les valeurs moyennes des quantités observées sont :

$$a = 0{,}S\rho, \qquad u = 6{,}6.10^{-6}\ \text{cm : sec}, \quad \text{à} \quad 12^\circ{,}2\,\text{C},$$
$$nS = 4980 \qquad (\zeta = 0{,}0123),$$
$$\frac{M^2}{l}S = 1{,}65.10^4,$$

ce qui donne pour le nombre d'Avogadro la valeur 59.10^{22}.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le pouvoir inducteur spécifique de la glace.* Note de MM. **Beaulard de Lenaizan** et **J. Granier**, présentée par M. Paul Janet.

La détermination de la constante diélectrique de la glace pour des longueurs d'onde de l'ordre du mètre, a été effectuée jadis par l'un de nous [1]; la méthode employée était celle de la déviation qu'éprouve un corps de forme ellipsoïdale, placé dissymétriquement aux lignes de forces d'un champ électrostatiquement oscillant.

Nous nous sommes proposé de reprendre cette mesure en utilisant la technique actuelle des lampes triodes permettant d'obtenir des oscillations entretenues, parfaitement régulières, et dans un large domaine de fréquences. A cet effet, la lampe émettrice (dont le potentiel de plaque était de 550 volts) était disposée dans le voisinage du champ hertzien, constitué par deux fils conducteurs parallèles et rapprochés; ce circuit de résonance, limité par deux ponts fixes, était placé à l'intérieur d'un bloc de glace; une bobine de quelques spires entourait l'un des ponts et, par l'intermédiaire d'une galène détectrice, se trouvait en relations avec un galvanomètre destiné à observer la résonance des deux circuits. Comme il n'était pas possible d'obtenir celle-ci par le déplacement habituel de l'un des ponts, on opérait de la façon suivante : un petit condensateur, à capacité variable, était inséré entre le circuit de plaque et le circuit de grille; la distance des ponts dans la glace était de $118^{cm},8$ et en tenant compte de la longueur des ponts, l'internœud avait une valeur de $123^{cm},3$; on faisait alors varier la longueur de l'émetteur, en agissant sur le condensateur variable, de façon à établir l'accord entre les deux systèmes oscillants (accord décelé par la déviation maximum du galvanomètre). Ce résultat obtenu — sans toucher à la lampe émettrice — on remplaçait le circuit précédent, entouré de glace, par un autre aérien, à peu près semblable, mais un peu plus long; avec ce dernier circuit, il était possible d'obtenir la résonance en déplaçant l'un des ponts; la distance de ceux-ci était alors de $175^{cm},8$ et l'internœud (longueur des ponts comprise) avait pour valeur $181^{cm},6$.

La température de la glace, prise dans des cavités de 6^{cm} de profondeur, était égale à $-4^{\circ},5$. Le pouvoir inducteur spécifique de la glace, à cette température, et pour une longueur d'onde dans l'air, de $363^{cm},2$ était

[1] *Comptes rendus*, t. **144**, 1907, p. 904.

donné par le rapport $\left(\frac{181,6}{123,3}\right)^2 = 2,17$. Ce nombre est du même ordre de grandeur que ceux obtenus, par la méthode de l'ellipsoïde, pour une longueur d'onde de 35^m. On avait trouvé 1,455 pour la glace au-dessous de 0°; et pour la glace fondante les valeurs 1,987; 2,280; 2,477; 2,586 dont la moyenne est 2,33. Ces résultats, à l'époque où ils furent publiés, pouvaient paraître trop faibles, les physiciens avaient, en effet, une tendance à attribuer à la constance diélectrique de la glace une valeur plus élevée.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur un nouveau mode de production des réactions chimiques.* Note (¹) de M. **Marcus Brutzkus**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans mes Notes précédentes (²), il a été montré que, dans les moteurs à combustion interne, la combustion s'effectue d'une manière toute spéciale, et l'on en a déduit le principe chimico-technologique général qui suit :

« Toute réaction chimique peut être dirigée et accélérée dans une certaine direction, par des variations extérieures, continues et simultanées, de la pression, de la température et de la concentration, agissant dans le sens opposé à celui des variations provoquées par la réaction désirée (³). »

Le but de cette Note est de montrer que ce principe chimico-technologique peut servir de base à un nouveau moyen d'effectuer les réactions chimiques, qui peut ouvrir de nouvelles possibilités à la chimie et surtout à la technologie chimique.

Actuellement, en chimie, on effectue les réactions des deux manières suivantes :

1° On met les corps en contact et on laisse les trois facteurs d'équilibre chimique p, t, c à eux-mêmes; ils évoluent alors selon les conditions existantes.

2° On met les corps en contact, et l'on règle p, t, c de manière qu'ils restent constants.

Du principe chimico-technologique rappelé ci-dessus, il s'ensuit qu'on doit effectuer toutes les réactions chimiques de la manière suivante :

(¹) Séance du 12 janvier 1925.

(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1621 et 1808.

(³) M. Brutzkus, *Contribution à la théorie des moteurs à combustion interne.* Paris, Gauthier-Villars et Cie.

La réaction mise en marche, on doit simultanément et continuellement agir du dehors sur p, t, c dans le sens opposé aux variations provoquées par la réaction désirée.

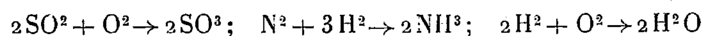
Au point de vue de la variation de la température, on pourrait faire l'objection suivante :

Il est vrai que si nous fournissons de la chaleur aux corps pendant une réaction endothermique, nous la favorisons et l'accélérons, mais est-ce que le refroidissement n'entrave pas et ne ralentit pas une réaction exothermique? Cette objection est fondée seulement pour une certaine zone de température, et provient du fait qu'une élévation de la température est une augmentation de l'énergie des molécules qui favorise beaucoup la marche d'une réaction, même dans la direction exothermique. Mais cela a lieu seulement jusqu'à une certaine température. Or celle-ci, dans ce cas, est atteinte presque instantanément, surtout si la réaction est effectuée dans un récipient clos, et alor la réaction entre dans le domaine où l'équation de Van't Hoff :

$$\frac{d \ln K}{dT} = -\frac{Q}{RT^2}$$

est valable. Notre principe concernant la température n'est que la traduction, en langage ordinaire, de cette équation.

Les impulsions que les catalyseurs donnent aux réactions chimiques en beaucoup de cas peuvent être attribuées à de pareilles variations, qu'ils imposent aux facteurs d'équilibre chimique. Comme on le sait, beaucoup de catalyseurs agissent par adsorption. Des réactions telles que


$$2SO^2 + O^2 \rightarrow 2SO^3; \quad N^2 + 3H^2 \rightarrow 2NH^3; \quad 2H^2 + O^2 \rightarrow 2H^2O$$

sont des réactions avec diminution du nombre des molécules et une augmentation de la pression par adsorption doit les favoriser et les accélérer. Les catalyseurs sont, en général, les métaux ou leurs oxydes : tous ces corps ont une grande conductibilité thermique. Ils conduisent très vite la chaleur dégagée loin des molécules entrées en réaction qu'entrave le retour de la réaction [1]. Enfin ayant une adsorption différente pour les différents gaz, les catalyseurs peuvent encore provoquer des concentrations variables à leur surface.

---

(1) Voir GER. WALKER, *Die Katalyse*, Stuttgart, 1910, p. 424. Des expériences nouvelles dans cette direction se trouvent dans FR. FISCHER, *Die Umwandtlung der Kohle in Œle*, Berlin, 1924, p. 280 et 298.

Ainsi un catalyseur, en faisant varier tous les facteurs d'équilibre ou quelqu'un d'entre eux, peut favoriser et accélérer une réaction chimique, tout comme les variations extérieures de ce facteur. Mais, en faisant varier du dehors *p*, *t*, *c*, nous donnons une impulsion à la réaction, et trois cas peuvent se produire :

1° Les variations extérieures peuvent être plus grandes que celles que produit la réaction ; alors les variations résultantes évolueront dans le même sens que les variations extérieures.

2° Les variations extérieures sont à chaque instant égales à celles que produit la réaction. La réaction s'effectuera à *p*, *t*, *c* constants.

3° Les variations extérieures peuvent être plus petites que celles que produit la réaction provoquée. Les variations résultantes seront alors du même sens que celles que produit la réaction.

Il est clair que l'impulsion la plus forte est donnée à la réaction dans le premier cas; mais, en général, il ne faut pas franchir en ce cas une certaine zone de température.

Des considérations ci-dessus, il résulte que le deuxième moyen d'effectuer les réactions chimiques à *p*, *t*, *c* constants est un cas particulier de réalisation des réactions d'après ce principe, c'est le cas où *p*, *c*, *t* restent invariables. Mais les appareils qu'on a employés jusqu'ici pour effectuer des réactions chimiques ne donnent pas la possibilité de faire bien varier du dehors ces trois facteurs. En outre, le maintien d'une constance exacte est presque impossible et des écarts nuisibles sont inévitables. Faute d'une compréhension totale du phénomène, on ne trouve presque jamais dans les procédés employés le maintien de la constance simultané et continuel de tous les trois facteurs d'équilibre chimique. Mais ce n'est pas en maintenant la constance de *p*, *t*, *c* que nous pouvons donner à une réaction chimique l'impulsion la plus forte.

L'appareil qui peut nous donner la meilleure possibilité de faire varier continuellement et simultanément les trois facteurs de l'équilibre chimique dans le sens nécessaire et des quantités nécessaires, c'est un compresseur.

C'est dans les moteurs à combustion interne que les réactions chimiques s'effectuent avec variations extérieures continuelles et simultanées des trois facteurs d'équilibre chimique dans le sens nécessaire, et c'est ainsi que doivent être effectuées toutes les autres réactions chimiques. Le moteur à combustion interne n'est pas autre chose qu'un compresseur pour la réalisation de la réaction de la combustion sous des variations extérieures simultanées et continuelles des trois facteurs d'équilibre dans le sens nécessaire.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le spectre magnétique de rayons β de grande vitesse du* ThB + C. Note de MM. **D.-R. Yovanovitch** et **J. d'Espine**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note précédente (¹) nous avons signalé que le mésothorium II possède des rayons β de très grande vitesse. Nous avons entrepris une étude semblable pour les rayons β du dépôt actif du Th, dont le spectre a été étudié principalement par C.-D. Ellis (²) et L. Meitner (³). Leurs résultats sont concordants pour les raies dont l'énergie exprimée en Hρ (gauss par centimètre) s'élève jusqu'à 4000. Avec un appareil du même type que celui que nous utilisons, L. Meitner a trouvé de plus une bande de rayons rapides de Hρ = 5460.

Pohlmeyer (⁴), qui employait une méthode d'ionisation, a confirmé l'existence de rayons β rapides vers Hρ = 6200, et il a admis comme limite extrême du spectre environ Hρ = 7000.

Nous avons trouvé que la bande de rayons rapides s'étend jusqu'à Hρ = 6800 avec un fort doublet vers Hρ = 5480. De plus, nous avons trouvé deux raies (Hρ = 11000 et Hρ = 18000) et une raie probable vers Hρ = 40000. Ces raies ont été mesurées sur différents clichés obtenus avec différents champs magnétiques. Les rayons correspondant à ces raies traversent très facilement des écrans métalliques, tels qu'une feuille d'aluminium ($0^{mm},5$ d'épaisseur), posés sur la plaque photographique.

Dispositif expérimental. — L'appareil à déviation magnétique était le même que celui que nous avons utilisé pour le spectre du mésothorium II. L'étalonnage du champ était fait par la raie forte du ThB + C de Hρ = 1385. Les sources étaient obtenues par l'exposition d'un fil d'argent (épaisseur : $0^{mm},2$) chargé négativement, dans l'émanation du thorium. L'intensité des sources employées était équivalente en rayons γ à environ 10^{mg} de radium au début de l'expérience.

Résultats. — Les résultats obtenus sont résumés sur le tableau suivant :

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1162.
(²) *Proc. Roy. Soc.*, t. 101, avril 1922, p. 1.
(³) *Zs. f. Phys.*, t. 11, 1922, p. 35.
(⁴) *Zs. f. Phys.*, t. 28, 1924, p. 216.

Vitesse des rayons rapportée à celle de la lumière $\beta = \frac{v}{c}$.	Intensité.	Énergie en volts.	$H\rho$ (gauss par cm).	$H\rho$ valeurs de L. Meitner.
vers 0,999 raie probable	très faible	vers 11 000 000	vers 40 000	
0,996	faible	4 900 000	18 000	
0,988	»	2 800 000	11 000	
0,970	forte	1 590 000	6800	
0,955	»	1 211 000	5480	5460
0,931	très faible	881 000	4310	4320
0,918	assez faible	774 000	3926	3905
0,863	forte	500 400	2903	2910
0,838	»	423 800	2604	2605
0,759	faible	272 400	1976	1970
0,684	très forte	189 000	1592	1589

Remarque. — Les nouvelles raies de très grande vitesse signalées par nous sont très faibles; nous cherchons à obtenir des mesures plus précises de ces raies en opérant avec des sources plus fortes. Nous citons aussi quelques-unes des raies relatives aux rayons moins rapides du Th B + C déjà mesurées par les auteurs précédents. Le tableau montre que les valeurs de ces raies sont en très bon accord avec celles données par L. Meitner.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption des rayons ultraviolets par les dérivés méthylés du naphtalène.* Note de M. **Henri de Laszlo**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons montré avec M. Victor Henri (¹) que le spectre d'absorption de la vapeur de naphtalène se compose de deux régions distinctes : l'une A, comprise entre 3200 et 2820 Å formée d'un très grand nombre de bandes avec une structure fine, ces bandes sont distribuées en séries régulières; l'autre B entre 2820 et 2500 Å contenant une douzaine de bandes continues. En solution, Victor Henri et P. Steiner ont obtenu neuf bandes dans la région A avec un coefficient d'absorption ε variant de 200 à 640 et huit bandes dans la région B où ε varie de 4000 à 6000; enfin dans l'ultraviolet extrême $\lambda = 2209$ on observe une très forte bande $\varepsilon = 96000$.

Nous avons étudié le spectre d'absorption d'un grand nombre de dérivés

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1004; *Proc. Roy. Soc.*, t. 105, 1924, p. 662.

de naphtalène en solution hexanique et à l'état de vapeur. Certains de ces dérivés avaient été étudiés par Ley, Gräfe, Purvis et d'autres auteurs, mais en général d'une façon très incomplète.

Résultats. — 1. Le spectre d'absorption des dérivés mono et diméthylés du naphtalène ressemble beaucoup à celui du naphtalène : il se compose également d'une région A entre $\lambda = 3250$ et 2950 Å, d'une région B entre 2950 et 2500 et d'une bande C très forte dans l'ultraviolet extrême $\lambda = 2200$ Å. Les courbes ci-contre donnent les spectres d'absorption du naphtalène, du β-CH^3 et des 2-6 et 2-7-diméthylnaphtalène en solution hexanique.

Dans la région A le spectre de ces dérivés se compose de cinq-sept bandes étroites qui correspondent à celles du naphtalène, sauf pour le 2-6 diméthylnaphtalène pour lequel les bandes sont plus intenses.

A l'état de vapeur on obtient dans cette région des bandes étroites continues qui ne se résolvent pas en raies fines. C'est seulement pour le β-méthylnaphtalène que l'on observe, surtout pour la bande 3160,5-3154,2 Å une structure fine. Cette bande se décompose en 12 raies fines dont quelques-unes sont distantes de $\Delta\frac{1}{\lambda} = 3$ à 5 cm^{-1}.

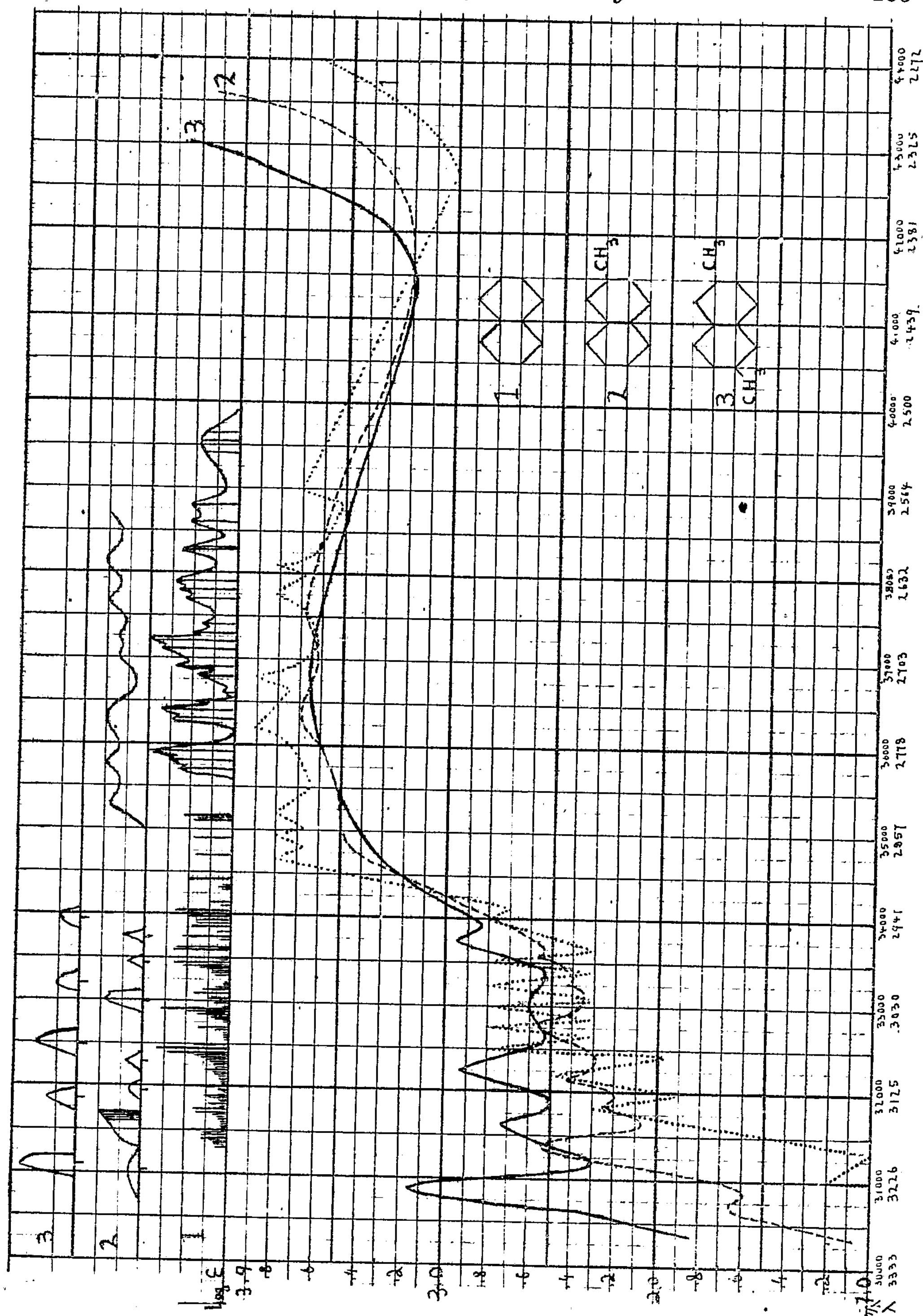
Dans la région B l'introduction d'un ou deux groupes CH^3 produit une fusion des bandes étroites du naphtalène : on n'observe plus que quelques ondulations de la courbe d'absorption avec 3 maxima pour le dérivé β et 4 pour l'α. A l'état de vapeur on trouve dans cette région 7 bandes continues pour le dérivé β et 4 pour l'α.

2. Les bandes de la région A des dérivés méthylés peuvent être groupées en plusieurs séries avec des intervalles presque constants, comme cela a lieu pour le naphtalène Δ. On trouve ainsi :

	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.
Pour le naphtalène	1450 cm^{-1}
» l'α-méthylnaphtalène	1540 »
» le β-méthylnaphtalène	1440 »
» le 2-6-diméthylnaphtalène	1380 »
» le 2-7-diméthylnaphtalène	1440 »

Rappelons que d'après V. Henri et Klingstedt on a comme intervalle fondamental pour le benzène 921,4, pour le toluène 932,5 et pour le paraxylène 1184 cm^{-1}.

3. L'introduction de groupes CH^3 dans la molécule de naphtalène produit un déplacement du spectre vers le rouge. Ce déplacement est plus grand


log ε
3.9
3.0
2.0
1.0
λ
1
2
3
CH3
CH3
CH3
30000 3333
31000 3226
32000 3125
33000 3030
34000 2941
35000 2857
36000 2778
37000 2703
38000 2632
39000 2564
40000 2500
41000 2439
42000 2381
43000 2325
44000 2272

pour le dérivé β que pour l'α. Il est plus intense pour les didérivés, et parmi ces derniers c'est surtout le spectre du 2-6 qui est le plus décalé vers le rouge. Le tableau suivant donne les valeurs du décalage du spectre pour les dérivés méthylés du benzène et du naphtalène :

	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.
Toluène	870 cm^{-1}
Paraxylène	1470 »
α-CH^3-naphtalène	330 »
β-CH^3 »	690 »
2-7-diméthylnaphtalène	860 »
2-6- »	1395 »

4. Les dérivés β se distinguent très nettement des dérivés α. Le spectre des premiers est plus fortement décalé vers le rouge, les bandes sont plus prononcées et en plus grand nombre. C'est un résultat général que nous avons obtenu pour les dérivés contenant les groupes CH^3, OH, NH^2, CN, COOH, Cl et Br.

5. Parmi les didérivés la position 2-6 se distingue nettement de la position 2.7 : le spectre des premiers est plus intense, les bandes plus nombreuses et elles sont décalées vers le rouge. Il y a à ce point de vue une très grande analogie avec les dérivés *para* du benzène qui présentent la même différence par rapport aux dérivés *ortho* et *méta*.

RADIOCHIMIE. — *Sur la loi de variation avec la température de la conductibilité des sels solides et ses relations possibles avec le spectre caractéristique du métal du sel.* Note [1] de M. **P. Vaillant**, présentée par M. Jean Perrin.

Le courant qui, par application d'une force électromotrice constante, traverse une couche de sel solide préalablement dépouillée par chauffage de toute trace de conductibilité superficielle [2] varie avec la température suivant une loi exponentielle de la forme

$$i = ke^{-\frac{b}{T}}, \qquad (1)$$

où k et b sont des constantes et T la température absolue.

C'est ainsi qu'une lame de sel gemme d'épaisseur $4^{mm},3$, de section 40^{mm^2}

[1] Séance du 1er décembre 1924.

[2] *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 530.

à laquelle est appliquée une force électromotrice de 160 volts, laisse passer les courants

T		393,6.	415,7.	455,1.	504,9.
$i \times 10^8$	mes.	4,8	23,4	258	3260
	calc.	4,8	23,1	258	3190

conformes, au degré de précision des mesures à ceux que prévoit la relation

$$i = 3,03 \times 10^5 e^{-\frac{11600}{T}}. \tag{2}$$

Les véhicules du courant à l'intérieur du sel sont vraisemblablement des électrons libres dont la densité n_1 est liée à la densité n des particules qui leur donnent naissance par la loi des masses

$$K n = n_1^2.$$

Si l'on envisage cette formation d'électrons comme le résultat de l'agitation thermique, le coefficient K doit d'autre part varier avec la température suivant la loi exponentielle

$$K = K_0 e^{-\frac{W}{rT}},$$

où r est la constante de Boltzmann et W le travail que met en jeu la libération d'un électron-gramme.

En tenant compte de ce que le courant i est proportionnel à n_1, on calculera W par la relation

$$W = 2rb,$$

qui, dans le cas du sel gemme, donne en calories-gramme

$$W = 46050$$

sans relation apparente avec la chaleur d'ionisation du sel : 97600.

Si, en accord avec les idées de M. Perrin, on imagine que la libération des électrons est provoquée par absorption d'énergie rayonnante et qu'on suppose la radiation agissante monochromatique et de longueur d'onde λ, le coefficient K devra varier avec la température suivant la même loi que l'intensité de cette radiation, c'est-à-dire conformément à la formule

$$K = K_0 e^{-\frac{hc}{rT} \times \frac{1}{\lambda}},$$

h étant la constante de Planck et c la vitesse de la lumière. On calcule ainsi pour le sel gemme

$$\lambda = 0^{\mu},616$$

qui correspond exactement à la plus intense des raies de la deuxième série secondaire de Na, et qui est d'ailleurs assez voisin de λ_D pour qu'on puisse attribuer l'écart aux erreurs de mesures.

Les autres sels alcalins donnent des résultats du même ordre. Avec KCl et K^2SO^4, on obtient pour le coefficient b des valeurs très sensiblement égales (12900, 12810) qui donnent pour λ la valeur moyenne

$$0^{\mu},566,$$

très voisine de celle qui correspond au doublet particulièrement intense

$$0^{\mu},578\text{-}0^{\mu},580.$$

Avec LiCl, b présente, à températures constantes, deux valeurs nettement distinctes. Au-dessous de 320°,

$$b = 10070, \qquad \lambda = 0^{\mu},717,$$

et au-dessus de 380°,

$$b = 14690, \qquad \lambda = 0^{\mu},491.$$

Les deux λ ainsi calculés pourraient, à l'ordre de précision des mesures, être confondus avec ceux qui correspondent aux deux raies les plus intenses du spectre d'arc de Li

$$0^{\mu},671 \quad \text{et} \quad 0^{\mu},460.$$

Ces coïncidences, qui peuvent d'ailleurs être fortuites, m'ont paru assez curieuses pour être signalées. Il resterait au surplus à expliquer comment l'absorption d'une radiation déterminée peut libérer complètement un électron alors que l'émission de cette radiation correspond seulement au passage de l'électron d'une trajectoire sur une autre de rayon plus petit.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de radium dans les minéraux d'urane qui contiennent du tantale, du niobium et du titane.* Note (1) de Mme **Pierre Curie.**

Quelques méthodes de dosage de radium dans les minéraux ayant été décrites récemment par divers auteurs, je pense qu'il est utile d'indiquer la méthode que je fais appliquer depuis plusieurs années à l'Institut du Radium avec des résultats très satisfaisants.

(1) Séance du 12 janvier 1925.

Pour doser le radium par l'émanation dégagée, il est nécessaire d'opérer sur un liquide, obtenu soit par fusion, soit par dissolution, et dans ce dernier cas, il faut dissoudre soit la totalité de l'échantillon, soit la partie qui contient le radium.

Voici comment on peut obtenir la dissolution de la partie utile pour des minéraux comme ceux de Madagascar (betafite, euxénite) contenant les acides tantalique, niobique et titanique.

Le minéral finement pulvérisé (1^g) est additionné de sulfate de baryum ($0^g,2$), destiné à entraîner le radium. On réalise un mélange intime et on traite la matière par fusion avec 6 à 8^g de bisulfate de potassium dans une capsule de platine. Quand la matière fondue paraît limpide, on laisse refroidir, on reprend par l'eau chaude et on filtre. La solution contient l'urane et le fer, les acides rares forment un précipité blanc hydraté qui contient le sulfate de baryum radifère. Le précipité lavé humide détaché du filtre est traité dans une capsule de platine par l'acide fluorhydrique dilué; les acides rares se dissolvent très facilement, laissant le sulfate de baryum; cependant un peu de radium passe quelquefois en solution.

C'est pourquoi, après avoir séparé le liquide, il est nécessaire d'y ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique ainsi que la solution de $0^g,2$ de chlorure de baryum; on détermine ainsi la formation d'un précipité de sulfate qui entraîne le radium passé en dissolution. Ce deuxième sulfate, beaucoup moins riche en radium que le premier, contient, en général, tout le radium qui reste à recueillir. Le précipité de sulfate de baryum radifère est transformé en carbonate par ébullition avec une solution concentrée de carbonate de sodium. Le carbonate lavé est dissous dans l'acide chlorhydrique étendu; la dissolution réduite à 1^{cm^3} de volume est introduite dans un barboteur et le dosage par dégagement de radon est fait suivant la méthode que j'ai décrite en détail dans des publications antérieures [1] et qui consiste à laisser accumuler le radon pendant un temps déterminé et à le transporter dans une chambre d'ionisation à l'aide d'un courant d'air qui traverse la solution froide; on fait ensuite la mesure du courant de saturation produit par le radon en équilibre avec son dépôt actif.

Le résidu de l'attaque au bisulfate est, en général, inactif; s'il n'en était pas ainsi, il conviendrait de le traiter à nouveau. Le résidu de l'évaporation de la solution fluorhydrique doit être inactif également. La substance radioactive, dont la présence dans ces résidus est la plus probable, est le

(1) Mme Curie, *Le Radium*, t. 7, 1910, p. 65; *Traité de radioactivité*, Paris, 1910.

protactinium, mais on peut prévoir que son activité ne dépasse pas 1 pour 100 de celle du minerai, et d'autre part la précision de la méthode peut être évaluée à cette même valeur. Enfin, le carbonate de baryum radifère doit être complètement soluble dans l'acide chlorhydrique étendu, et s'il n'en était pas ainsi, le résidu insoluble doit être inactif.

Dans quelques essais, le précipité hydraté résultant de la reprise par l'eau après l'attaque au bisulfate avait été séché et mis en fusion avec de la potasse dans une capsule d'argent, afin de déterminer la formation de sels de potassium solubles dans l'eau et pouvant être séparés du sulfate de baryum radifère; celui-ci était ensuite transformé en carbonate. Dans certains cas cette suite d'opérations avait lieu d'une manière tout à fait satisfaisante; dans d'autres cas on ne pouvait réussir à obtenir ainsi la transformation en carbonate, de sorte que cette méthode a été abandonnée et le traitement par la potasse a été remplacé par celui à l'acide fluorhydrique dilué dont les résultats se sont montrés d'une régularité parfaite.

La méthode ci-dessus décrite fait partie de celles qui procèdent par extraction du radium de son minerai avant le dosage (type *a*). Pour certains mineraux cette opération est très facile. Ainsi dans le cas d'autunites très pures, on peut traiter un gramme du minéral par l'acide chlorhydrique étendu et introduire dans un barboteur la solution limpide qui contient le radium avec l'uranium; le plus souvent cependant on aura un résidu siliceux actif qu'il conviendra d'additionner de baryum et de traiter par une solution bouillante de carbonate de sodium afin d'obtenir le carbonate de baryum radifère.

Les méthodes de ce type peuvent paraître moins avantageuses que celles qui ont recours seulement à des attaques successives dans un même récipient à l'aide d'agents tels que l'acide sulfurique ou le bisulfate en fusion (type *b*); on dégage ainsi chaque fois le radon accumulé et on le transporte dans une chambre d'ionisation.

Je crois cependant qu'en règle générale la méthode d'extraction de baryum radifère est plus sûre, car elle permet le contrôle des résidus inattaqués. Elle offre aussi des facilités pour le dosage sur le même échantillon d'autres constituants du minerai tels que l'uranium ou le thorium. Comme on opère avec de petites quantités de matière (le plus souvent 1 à 2^g), les opérations chimiques sont faites rapidement; quand l'habitude de la technique est prise, l'analyse ne demande pas un temps considérable. Elle permet de déterminer facilement à la précision de 1 pour 100 les teneurs de 10^{-6} à 10^{-8} g de radium par gramme de minerai, et avec une précision

moindre les teneurs entre 10^{-8} et 10^{-9} g. Pour des teneurs plus faibles encore il devient nécessaire d'employer des quantités plus fortes de minerai, ce qui entraîne une augmentation du volume des solutions; la méthode de dégagement de radon par ébullition de celles-ci devient alors préférable à celle de barbotage à froid.

Les opérations du type *b* me paraissent pouvoir être d'une application utile pour un dosage sommaire de nombreux échantillons d'une même espèce de minerai pour lequel le mode opératoire a été étudié. Mais il semble prématuré de leur accorder pleine confiance pour des dosages de radium dans des minerais variés, dont les conditions d'attaque ne sont pas les mêmes dans chaque cas et dont certaines portions peuvent être très réfractaires.

CHIMIE MINÉRALE. — *L'évolution de l'hydrate de sesquioxyde de nickel au sein de l'eau.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons étudié, dans une précédente recherche, l'évolution magnétique de l'hydroxyde nickeleux au sein de l'eau chaude (¹). Quand on impose à l'hydroxyde nickeleux une série de traitements à l'eau chaude, son coefficient d'aimantation ne cesse de décroître, depuis la valeur qu'il prend, alors qu'il a été simplement précipité à froid (hydroxyde ordinaire). L'oxyde calciné correspondant subit une évolution différente. L'hydroxyde ordinaire est, à poids égal de métal, plus magnétique que son oxyde, suivant une loi jusqu'ici générale pour les hydroxydes paramagnétiques. Puis, au cours des traitements à l'eau chaude, les propriétés magnétiques des oxydes ultérieurement calcinés manifestent une exaltation très marquée, suivie d'une décroissance.

On pouvait se proposer l'examen magnétique d'un autre hydroxyde, correspondant à une autre valeur de la valence du métal, afin de déterminer l'influence de la valence sur les phénomènes d'évolution.

A cette fin, de l'hydrate de sesquioxyde de nickel a été préparé en précipitant un sel de nickel par de l'hypochlorite de sodium. Selon la technique habituelle, le précipité a été lavé par décantation et desséché sur l'acide sulfurique. Les traitements à l'eau chaude ont été effectués en tubes scellés, chauffés au bain d'huile.

(¹) S. Veil, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 842.

A poids égal de métal, l'hydrate de sesquioxyde de nickel, préparé à froid, est moins magnétique que l'hydroxyde nickeleux obtenu de manière analogue. En traitant à l'eau chaude l'hydrate de sesquioxyde de nickel, et en répétant plusieurs fois l'opération après redissolution dans les acides, on obtient des hydrates modifiés dont les coefficients d'aimantation décroissent légèrement. L'allure de cette variation rappelle celle des hydrates nickeleux modifiés successifs, toutes conditions identiques.

La calcination au four électrique à résistance, à température relativement basse (500 à 600°), amène l'hydrate de sesquioxyde de nickel à l'état d'oxyde nickeleux.

L'hydrate de sesquioxyde de nickel, préparé entièrement à froid, est plus magnétique que l'oxyde calciné correspondant, à poids égal de métal. Le rapport des coefficients d'aimantation reste généralement compris entre 2 et 3. D'autre part, cet oxyde nickeleux est plus magnétique que celui qui résulte de la calcination de l'hydroxyde nickeleux, préparé à froid.

La suite des oxydes nickeleux, dérivés des hydrates de sesquioxyde de nickel modifiés successifs accuse des particularités du même genre que celles qui se manifestent dans le cas de l'hydroxyde nickeleux : croissance notable des valeurs au début, suivie d'une décroissance. Ces variations sont cependant sensiblement moins accentuées ici que dans l'autre cas.

Ci-après les résultats numériques des expériences réalisées à diverses températures, à partir de sulfate et de nitrate de nickel. Les redissolutions des hydroxydes ont été faites à chaud, soit dans l'acide sulfurique, soit dans l'acide nitrique, suivant que le sulfate ou le nitrate avaient été les sels mis en œuvre. Les coefficients d'aimantation, rapportés à un même poids de métal, ont été évalués en valeurs relatives. Le coefficient d'aimantation de l'oxyde nickeleux, dérivé de l'hydrate de sesquioxyde précipité à froid, a été pris comme unité.

HYDRATES MODIFIÉS DE SESQUIOXYDE DE NICKEL.

Valeurs relatives des coefficients d'aimantation (rapportés au métal) de l'hydrate de sesquioxyde de nickel et de l'oxyde nickeleux calciné correspondant.

Du sulfate de nickel.

	120°.		150°.		180°.		210°.	
	Hyd. sesq.	NiO calc.	Hyd. sesq.	NiO calc.	Hyd. sesq.	NiO calc.	Hyd. sesq.	NiO calc.
1re opération....	2,65	6,28	2,91	3,53	1,98	2,91	2,29	2,41
2e » ...	2,71	5,30	2,65	8,40	1,94	2,21	2,09	1,55
3e » ...	2,26	3,78	2,59	4,38	1,80	0,95	2,20	1,14
4e » ...	2,22	2,18	1,94	1,88	0,69	0,69	1,36	0,70

Du nitrate de nickel.

	120°.		150°.		180°.		210°.	
	Hyd. sesq.	NiO calc.	Hyd. sesq.	NiO calc.	Hyd. sesq.	NiO calc.	Hyd. sesq.	NiO calc.
1re opération....	2,18	3,87	1,88	3,39	1,99	3,32	2,19	1,78
2e » ...	1,96	2,58	1,80	3,31	1,82	1,60	1,21	1,29
3e » ...	2,17	2,48	1,66	2,03	1,54	1,38	1,17	1,49
4e » ...	1,72	1,72	1,28	1,30	1,39	1,06	1,05	1,03

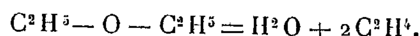
Les évolutions conservent donc ici l'allure qu'elles présentent dans le cas de l'hydroxyde nickeleux, allure qui ne semble guère influencée par le changement de valence. A cette différence près, toutefois, que les effets magnétiques perdent de leur ampleur quand le nickel passe de la bivalence à la trivalence.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'emploi, en catalyse, d'alumines ayant absorbé divers autres corps.* Note (¹) de M. **André Charriou**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Je me suis proposé d'étudier systématiquement les variations du pouvoir catalytique d'un corps sur lequel on a fixé par absorption de petites quantités d'autres matières.

Ces expériences ont porté sur la décomposition de l'éther par la chaleur, en présence d'alumine, réaction déjà utilisée par J.-B. Senderens (²) et par P. Sabatier et A. Mailhe (³).

Dispositif expérimental. — La décomposition se fait avec augmentation de volume suivant la réaction



$$C^2H^5 - O - C^2H^5 = H^2O + 2C^2H^4.$$

En tube scellé, la mesure de l'augmentation de pression donne la proportion de l'éther décomposé. Pour mesurer la pression on a soudé au tube un manomètre en verre du modèle de ceux employés par J. Joannis (*Thèse*, Paris, 1921). Le tout était disposé dans un four électrique; le manomètre portait une tige de verre très fine sortant du four, dont les déplacements étaient observés à l'aide d'une lunette.

(¹) Séance du 12 janvier 1925.

(²) *Bull. Soc. chim.*, t. 3, 1908, p. 823.

(³) *Ann. Phys. et Chim.*, 8e série, t. 20, 1910, p. 289.

L'appareil, préalablement vidé, était rempli de vapeur d'éther sous la tension maxima à 18°, soit 41^cm^,25 environ de Hg, puis scellé à la lampe. Il était alors porté rapidement à 250° et maintenu ensuite à cette température; l'éther chauffé seul n'éprouve aucune décomposition au-dessous de 450°. Le tube d'une capacité de 26^{cm^3} contenait une nacelle de 68^{mm} sur 8^{mm} au fond de laquelle on étalait $0^g,5$ d'alumine.

Catalyseurs. — J'ai comparé les catalyseurs suivants :

I. Alumine pure précipitée par l'ammoniaque d'une solution de nitrate d'aluminium, très soigneusement lavée et séchée dans le vide à 250°;
II. La même alumine, calcinée au rouge pendant une demi-heure;
III. Alumine obtenue par oxydation de l'aluminium en présence de mercure;
IV. Alumine contenant moins de 1 pour 100 de SO^3 absorbé;
V. Alumine contenant 8 pour 100 de SO^3 absorbé;
VI. Alumine contenant 15 pour 100 de P^2O^5 absorbé;
VII. Alumine contenant 7,7 pour 100 de CuO absorbé;
VIII. Alumine contenant 15 pour 100 de CaO absorbé;
IX. Alumine contenant 4,5 pour 100 de CaO absorbé;
X. Alumine contenant 2,5 pour 100 de CoO absorbé;
XI. Alumine contenant 6,5 pour 100 de TuO^3 absorbé;
XII. Alumine précédente, soumise à un courant d'hydrogène à 250° de façon à amener l'oxyde TuO^3 à l'état de Tu^2O^5.
(Toutes les alumines III à XII ont été séchées dans le vide à 250°.)

Résultats. — Lorsque la température à l'intérieur du four était fixée à 250°, je notais toutes les 5 minutes les déviations du manomètre en verre. Celui-ci avait été gradué préalablement par comparaison avec un manomètre à mercure.

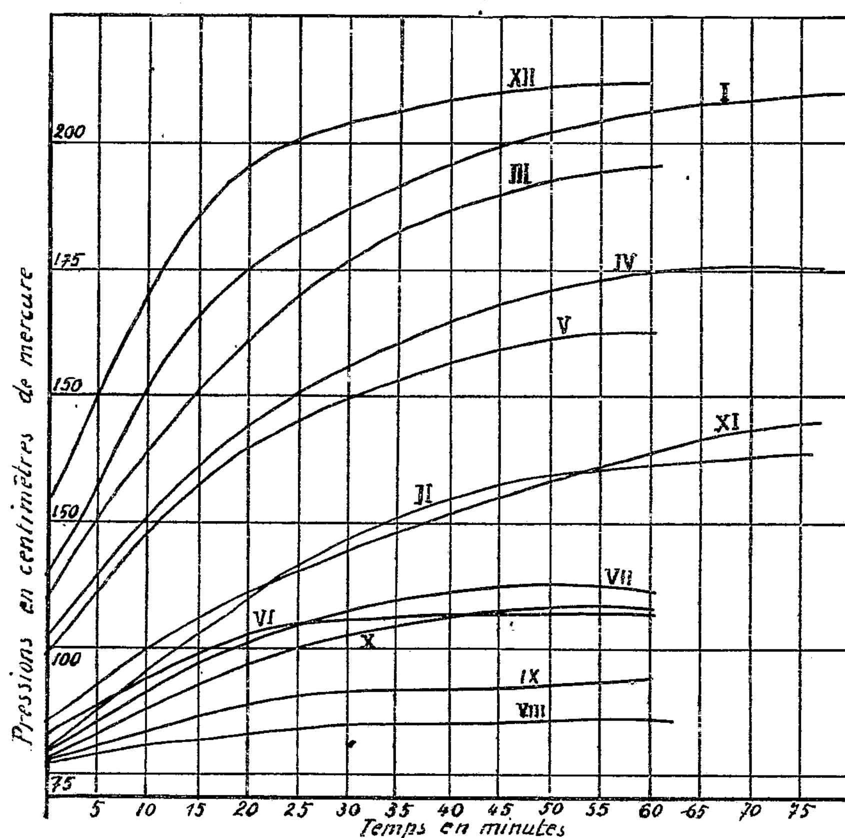
Les résultats de mes expériences sont représentés par le diagramme ci-après où sont portés en abscisses les temps et en ordonnées les pressions.

Ces résultats vérifient le fait connu que les alumines pures et non calcinées sont d'excellents catalyseurs, puisqu'en une heure la décomposition est presque complète. Celle-ci correspond en effet environ à une pression de 220^{cm} de Hg. L'oxyde bleu de tungstène augmente seul l'activité de l'alumine, les autres corps, même absorbés en petite quantité, la diminuent et certains comme la chaux l'annulent presque.

On comprend ainsi pourquoi Senderens et Sabatier avaient observé des différences dans les pouvoirs catalytiques des alumines provenant de diverses préparations; elles absorbent, en effet, pendant leur précipitation de petites quantités d'impuretés qui suffisent à amener les différences observées (cas de l'alumine IV).

Il résulte de ces expériences que les catalyseurs, dont l'action semble

dépendre de leur très grande porosité, voient leur activité notablement diminuée par l'absorption des corps étrangers, sauf dans le cas où ces



corps sont eux-mêmes des catalyseurs énergiques comme l'est vis-à-vis de la décomposition de l'éther l'oxyde bleu du tungstène.

GÉOLOGIE. — *Sur les formations du Lias et du Jurassique supérieur dans les Asturies.* Note (1) de M. G. **Dubar**, transmise par M. Ch. Barrois.

Les terrains secondaires du nord de l'Espagne ont leurs derniers affleurements vers l'Ouest dans le bassin des Asturies. Or le Jurassique est encore peu connu dans cette région, quoique divers gisements fossilifères en aient été signalés (Lycett, Mallada, Mengaud). Ayant entrepris, sur

(1) Séance du 12 janvier 1925.

les indications de M. Barrois, l'étude de ces formations le long de la côte près de Gijon et de Rivadesella, j'y ai reconnu pour le Lias les étages fossilifères suivants : Lotharingien, Charmouthien, Toarcien inférieur et moyen; et en outre l'existence du Jurassique supérieur représenté par le Kimméridgien.

I. Lias. — A l'est de Gijon, les dolomies grises, d'âge probablement sinémurien, supportent au cap de Cervigon un ensemble de calcaires et de marnes fossilifères du Lotharingien (baie de San Lorenzo). On trouve à la base : *Asteroceras stellare* Sow., *Zeilleria vicinalis* Quenst.; plus haut : *Oxynoticeras oxynotum* Quenst. et d'autres grandes formes d'*Oxynoticeras*, *Gryphæa obliquata* Buv., *Zeilleria numismalis* Lmk., *Rhynchonella oxynoti* Quenst.; enfin la 3e zone du Lotharingien, avec *Echioceras* cf. *Nodotianum* d'Orb., *Aegoceras biferum* Quenst., *Terebratula* cf. *sulcellifera* Schloenb.

Il est difficile de préciser aux environs de Gijon où commence le Charmouthien qui semble, dès la base, composé de calcaires et marnes noirs; mais cet étage est plus fossilifère vers l'Est sur la plage de Rivadesella.

A *Rivadesella*, après un horizon à faune lotharingienne, on reconnaît dans des assises plus marneuses : *Microceras capricornu* Schloth., *Grammoceras Algovianum* Opp., *Belemnites elongatus* Mill. et une bélemnite canaliculée dont la forme rappelle *Bel. Blainvillei* Voltz.; une zone à *Am. spinatus* Brug., nombreuses bélemnites (*B. compressus* Stahl) et *Pecten æquivalvis* Sow.

Le Toarcien ensuite renferme *Dactylioceras commune* Sow., et de rares individus de *Cœloceras fibulatum* Sow., *Hildoceras*, *Belemnites Ilminstrensis* Phill. et une bélemnite canaliculée.

II. Jurassique supérieur. — Sur ce Toarcien moyen repose, à Rivadesella, un ensemble (120m) de poudingues quartzeux, de grès jaune ocre à stratification entrecroisée, avec des couches de lignites pyriteuses, et de marnes bariolées jaunes, grises ou roses. Ces roches sont probablement contemporaines des grès, poudingues et marnes de teinte claire qui recouvrent aussi le Lias à l'est de Gijon. Ces formations qui ne m'ont pas fourni de fossiles passent au sommet à des marnes et grès moins grossiers gris noir [1], et ceux-ci m'ont livré, dans la deuxième baie à l'est de Rivadesella, la faune suivante : *Aspidoceras longispinum* Sow., *Arca texta* Rœm., *Gervillia*, de grande taille, *Perna Bayani* de Lor., *Trigonia Oviedensis* Lycett., *Tr. infracostata* Lyc., *Tr. Bronni* Ag., *Astarte elegans* Ziet., *Exogyra virgula* Defr.

---

[1] Je laisse en dehors de la présente Communication l'épaisse série de schistes noirs à *Septaria* qui surmonte ces grès.

Les caractères de cette faune rattachent incontestablement cette dernière formation au Kimméridgien; et comme elle passe insensiblement à sa partie inférieure aux poudingues et grès grossiers sous-jacents, on peut en conclure que ceux-ci appartiennent aussi au Jurassique supérieur. Le Jurassique supérieur se présente donc dans cette partie des Asturies avec les caractères d'une formation de rivage, en transgression sur le Lias qu'elle recouvre directement.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Valeurs des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier 1925.* Note de MM. **L. Eblé** et **J. Itié**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Les observations magnétiques ont été continuées en 1924 à la station du Val-Joyeux, dépendant de l'Institut de Physique du Globe de Paris, dans les mêmes conditions que les années précédentes.

Les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1925 résultent des moyennes des valeurs horaires relevées au magnétographe Mascart le 31 décembre et le 1er janvier et rapportées à des observations absolues faites par l'un de nous les 29 décembre et 2 janvier.

La variation séculaire des différents éléments est déduite de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été données pour le 1er janvier 1924.

Valeurs absolues et variation séculaire des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux.

(Latitude: 48°49′16″; longitude: 2°0′52″ E. Gr.)

	Valeurs absolues pour l'époque 1925,0.	Variation séculaire.
Déclinaison	12° 2′,2	−11′,7
Inclinaison	64°38′,1	− 0′,5
Composante horizontale	0,19665	+0,00010
» verticale	0,41480	+0,00004
» nord	0,19232	+0,00023
» ouest	0,04101	−0,00063
Force totale	0,45905	+0,00006

La décroissance de la déclinaison est à peu près la même que les années

précédentes, l'inclinaison et la composante horizontale ne manifestent pas encore une variation nette.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Production de nouveaux hybrides entre les espèces sauvages de* Triticum (monococcum *L.*, *dicoccoïdes Körn.*) *et les principaux Blés cultivés. Analyse de leurs affinités.* Note de M. L. BLARINGHEM, présentée par M. Daniel Berthelot.

Les croisements de *Triticum monococcum* L. avec les Blés cultivés ont été tentés en vain par H. de Vilmorin, Beyerinck et beaucoup d'autres; le premier ([1]) j'ai réussi les combinaisons *Tr. monococcum* × *durum* (1910), puis *Tr. monococcum* × *polonicum* (1913). Un seul des hybrides de 1910, peu fertile en F_1, a donné une progéniture qui constitue, après dix générations, un type tout à fait nouveau, *Tr. monodurum* Bl., remarquable par la vigueur des souches et les qualités des grains; malheureusement ses chaumes longs et flexibles supportent mal le poids des épis mûrs.

Le développement magnifique, même sans engrais, de cet hybride m'a convaincu qu'on est loin d'avoir entrevu les possibilités d'amélioration des Blés, qu'il faut, avant tout, entre-croiser les espèces les plus divergentes pour obtenir des nouveautés importantes.

Depuis 1919, je tente chaque année, au Laboratoire de Physique végétale de Bellevue (S.-et-O.), près de mille combinaisons illégitimes entre *Tr. monococcum* L. ou *Tr. dicoccoïdes* Korn., tous deux nains, à épis fragiles et à grains longs triangulaires, avec les principaux Blés pédigrées de ma collection; des Froments (*Tr. vulgare* Host) : Hybride des Alliés (A), Bordeaux (B), diverses lignées de Wilhelmina (D), Japhet (J), Pétanielle de Nice (P), *rusticana* (R); des Blés durs (*Tr. durum* Desf.) : var. *Abyssinicum* Tabor, *Cienfuegos* d'Espagne, Maroc (M) y compris le *Tr. monodurum* Bl., plus rarement des Epeautres *Tr. Spelta* L. : var. Thaoudar (T), des Poulards (*Tr. turgidum* L.) : Bourdon n° 6, des Blés compacts (*Tr. compactum* Host) : Hérisson sans barbe. Je présente sous forme de tableau les résultats des fécondations illégitimes réussies en 1924, classés d'après la proportion des réussites par épi castré :

(1) *Sur la production d'hybrides entre l'Engrain* (Triticum monococcum *L.*) *et différents Blés cultivés* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 346).

Tableau des Hybrides de Triticum *obtenus en* 1924
au Laboratoire de Physique végétale de Bellevue (Seine-et-Oise).

Mère.	Père.	Nombre des épis.	Nombre des fleurs.	Nombre des grains.	Poids moyen en mg.
1. *Spelta* T	× *monococcum*..	1	19	1	23
2. *vulgare* B	× *dicoccoïdes*....	1	26	1	20
3. *vulgare* J	× *turgidum* B...	1	30	3	25
4. *vulgare* B	× *Spelta* T......	1	30	3	64
5. *durum* M	× *dicoccoïdes*....	1	32	5	34
6. *vulgare* D	× *monodurum*...	2	30-29	5-5	23-27
7. *vulgare* A	× *dicoccoïdes*....	1	28	6	18
8. *monococcum*	× *monodurum*..	1	24	6	5,5
9. *monodurum*	× *Abyssinicum*..	1	32	8	45
10. *vulgare* B	× *dicoccoïdes*....	1	32	10	28
11. *monococcum*	× *Cienfuegos*...	1	26	9	13
12. *monococcum*	× *Abyssinicum*..	1	30	10	58
13. *durum* M	× *Spelta* T......	1	29	10	55
14. *durum* M	× *Abyssinicum*..	1	28	10	28
15. *vulgare* D	× *turgidum* B...	3	30-31-30	11-13-13	20-16-29
16. *turgidum* B	× *vulgare* D.....	2	30-33	12-14	57-64
17. *monococcum*	× *turgidum* B...	1	28	13	17
18. *dicoccoïdes*	× *Spelta* T......	1	21	10	26
19. *dicoccoïdes*	× *vulgare* B.....	1	22	11	23
20. *dicoccoïdes*	× *compactum* H.	1	21	9	39
21. *dicoccoïdes*	× *monodurum*...	2	20-16	8-8	39-36
22. *turgidum* B	× *monodurum*...	1	33	15	67
23. *monodurum*	× *vulgare* R.....	1	29	14	46
24. *vulgare* P	× *Cienfuegos*....	1	26	14	21
25. *Spelta* T	× *turgidum*.....	1	24	14	29
26. *dicoccoïdes*	× *monodurum*...	2	20-19	14-13	40-32
27. *monodurum*	× *dicoccoïdes*....	3	29-29-28	18-19-19	51-51-57
28. *Cienfuegos*	× *vulgare* B.....	1	25	15	26
29. *compactum* H	× *vulgare* B.....	1	24	15	41
30. *Cienfuegos*	× *monodurum*...	2	27-25	18-15	37-45
31. *dicoccoïdes*	× *compactum* H.	1	21	17	32
32. *Cienfuegos*	× *monodurum*...	1	28	25	45
		41		455	

Il faut y ajouter pour être complet 14 combinaisons ayant échoué entre *Tr. monococcum* et *Tr. vulgare*, *Spelta*, *turgidum* ou *compactum*; au total, environ 1500 fécondations illégitimes dont 455, plus du quart, ont donné des résultats. Or, au cours des années précédentes, les proportions furent inférieures à un douzième.

Les castrations et fécondations eurent lieu en juin 1924, mois sec et ensoleillé à Bellevue; à cause des pluies et de la température basse de juillet la maturation des chaumes fut lente; elle ne fut complète qu'après le 15 août. D'où mes conclusions :

1° Pour réussir les hybridations entre espèces de *Triticum* réputées difficiles, surtout celles où intervient *monococcum*, il faut profiter des conditions climatériques qui retardent la dessiccation prématurée des chaumes ou prendre les dispositions techniques nécessaires pour retarder cette dessiccation;

2° Plusieurs séries de combinaisons des mêmes espèces (*vulgare* D × *monodurum*, *vulgare* D × *turgidum* B, *dicoccoïdes* × *monodurum* et les réciproques) donnent des résultats remarquablement concordants, tant par les proportions des réussites que par les poids des grains hybrides obtenus.

On est en droit de conclure, en raison du grand nombre d'opérations faites au même lieu et avec la même technique, que les fécondations illégitimes réalisées dans l'année très favorable 1924 traduisent les affinités plus ou moins fortes des espèces entre-croisées. L'examen de ces affinités sera détaillé ailleurs, avec la discussion des faits actuellement connus ;

3° On peut cependant mettre en relief les divergences très nettes qui opposent les deux espèces sauvages étudiées :

Triticum monococcum L. forme un type à part, aussi différent par son activité génétique par rapport aux Blés cultivés que le Seigle par rapport aux Blés ; je n'ai pu le combiner à aucun *Tr. vulgare;* il est surtout sensible aux pollens du groupe *durum* et les grains fournis par ses croisements (poids moyen : 5,5, 13, 17) sont très petits.

Par contre, *Triticum dicoccoïdes* Körn., quoique plus grêle et à épis moins fournis, présente des affinités marquées avec tous les Blés cultivés, surtout avec l'hybride nouveau *monodurum;* il donne par son croisement avec ceux-ci de beaux grains bien formés dont le poids moyen dépasse dans presque tous les cas le poids moyen des grains du type sauvage cultivé parallèlement.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'instabilité de formes et la permanence des mitochondries.* Note de M. A. GUILLIERMOND, présentée par M. Molliard.

Les cultures de tissus ont permis d'observer sur le vivant le chondriome de la cellule animale : les résultats obtenus par W.-H. et M.-R. Lewis ([1]), puis G. Levi ([2]) ont montré que les mitochondries ont des formes très instables et que leur quantité peut subir de grandes variations dans une même cellule en un court laps de temps. Aussi a-t-on été amené à penser que les mitochondries pourraient apparaître ou disparaître au sein du cytoplasma. L'observation vitale de la cellule végétale nous a fourni, au contraire, des résultats différents.

Il nous a paru utile de reprendre nos recherches sur ce sujet dans la cellule végétale, mieux adaptée à ce genre d'études que la cellule animale beaucoup plus petite.

Ces études sont d'une interprétation très délicate; aussi avons-nous choisi comme matériel des plantes aquatiques pouvant être observées, dans le milieu naturel, pendant une longue durée, sans altération. Nous avons recouru d'abord à un *Saprolegnia* cultivé à l'état pur dans une solution de peptone à 1 pour 100 ([3]). Nous prélevions un fragment du mycélium que nous observions dans une goutte du liquide de culture.

Une observation attentive a montré que les éléments du chondriome, qui sont à peu près exclusivement des chondriocontes, se déplacent continuellement sous l'influence des courants cytoplasmiques, et qu'en fixant une portion du filament sous le microscope et en le regardant à intervalles réguliers, on ne retrouve plus les mêmes éléments. Aussi avons-nous procédé autrement : nous choisissions un filament où les chondriocontes étaient très distincts et nous repérions un de ces éléments suffisamment isolé des autres pour permettre de suivre aisément toutes les modifications de formes subies. Nous observions sans quitter l'oculaire aussi longtemps que possible, en dessinant tous ses changements d'aspect. Nous avons pu prolonger l'observation pendant 1 heure.

Ces observations multipliées ont montré que le déplacement des chondriocontes est fort irrégulier : parfois, le chondrioconte conserve pendant un temps plus ou moins long une complète immobilité, puis, brusquement, se meut assez rapidement. Plus

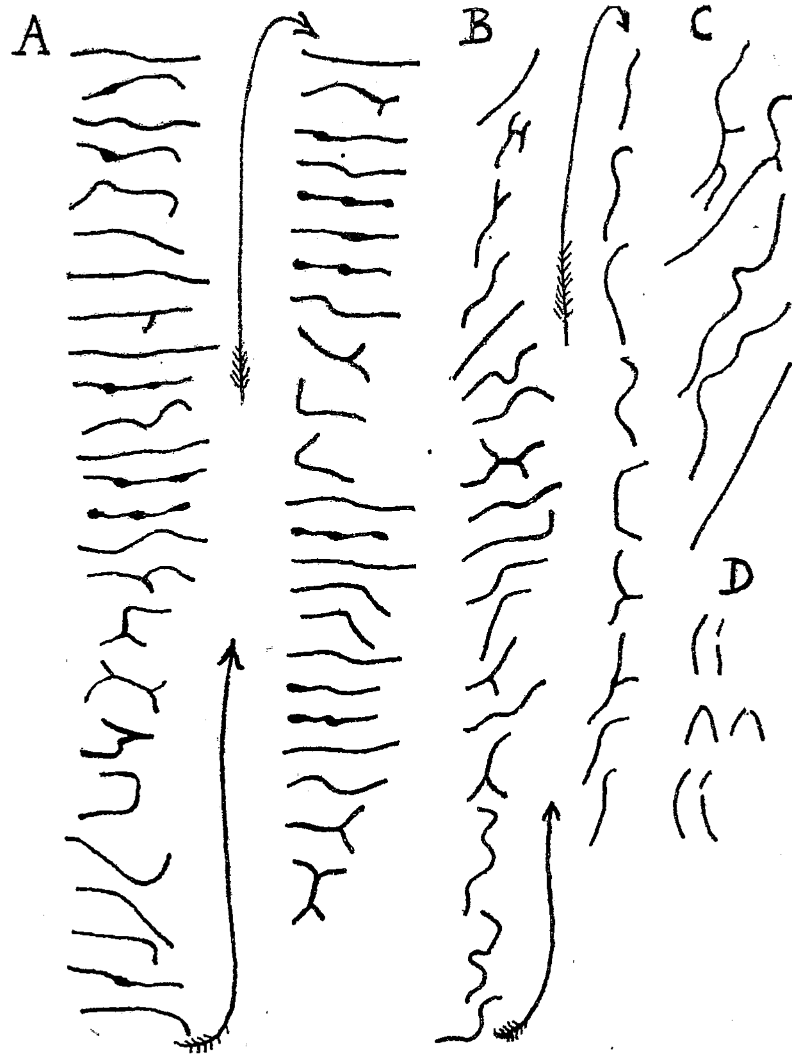
---

([1]) W.-H. et M.-R. LEWIS, *General Cytology* (ed. by E.-V. Cowdry), p. 411.

([2]) G. LEVI, *Monitore Zoologico Italiano*, t. 35, 1924, p. 33-41, et *Bull. d'Hist. appl.*, t. 1, 1924, p. 344.

([3]) J. CHAZE, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1188.

souvent, le chondrioconte se déplace lentement et d'une manière moins saccadée. A l'état d'immobilité, les chondriocontes sont généralement rectilignes. Au cours de leur déplacement, ils prennent des formes très variées, rappelant les mouvements d'un



A et B, différentes formes prises par un chondrioconte observé pendant une demi-heure, dans *Saprolegnia*; C, pendant 5 minutes; D, segmentation de chondrioconte dans *Elodea canadensis*.

Spirochète (*fig*. A, B, C). Fréquemment, ils s'épaississent en diminuant de longueur, forment sur leur trajet de petits renflements, parfois anguleux, d'aspect cristallin, puis reprennent la forme de filaments minces et allongés. Enfin, dans de nombreux

cas, ils se ramifient : cette ramification, purement transitoire, se produit lorsqu'un chondrioconte rencontre un obstacle (petit globule graisseux) ou sous l'influence de plusieurs courants de sens opposés. Ces ramifications, si fréquentes dans les préparations fixées, et que jusqu'ici nous avions attribuées à l'anastomose de plusieurs chondriocontes paraissent plutôt provenir de la déformation d'un seul chondrioconte.

Jamais nous n'avons constaté, en effet, d'anastomoses entre les chondriocontes : souvent, nous observions le rapprochement de deux chondriocontes qui semblaient s'être réunis l'un à l'autre, mais qui ne tardaient pas à se séparer au bout de quelques secondes. Nous n'avons pu observer la segmentation des chondriocontes.

Nos observations prouvent en outre qu'il n'y a pas une seule partie du mycélium qui ne renferme des mitochondries. Seulement, il se produit, dans certains filaments, des modifications dans l'état physique du cytoplasma qui le rendent plus réfringent et qui font que les mitochondries peuvent cesser d'être visibles; mais alors une coloration au vert Janus les fait apparaître immédiatement.

Nous avons complété ces observations par l'étude des feuilles d'*Elodea canadensis* examinées dans une goutte d'eau. En renouvelant l'eau de la préparation, nous avons pu prolonger l'observation d'une même cellule pendant une très longue durée. Seulement, ici, les éléments du chondriome se déplacent si vite qu'il est impossible de suivre l'un d'eux pendant très longtemps. On constate que les modifications de formes sont beaucoup moins accusées que dans le *Saprolegnia*, parce que les mitochondries granuleuses et les bâtonnets, qui prédominent, ne sont à peu près pas déformables par les courants cytoplasmiques. Plusieurs fois, il nous a semblé observer la segmentation de chondriocontes (*fig.* D), mais nous n'avons jamais constaté la production de chondriocontes par fusion de grains. Au bout de 3 ou 4 heures, on remarque que le chondriome n'a pas changé d'allure; les éléments ont conservé leur forme initiale et il n'y a ni augmentation ni diminution appréciable dans leur quantité.

Il résulte donc de nos recherches que les mitochondries se déplacent plus ou moins lentement sous l'influence des courants cytoplasmiques. Lorsqu'elles sont granuleuses, leur forme est assez stable; au contraire, à l'état de chondriocontes, elles modifient constamment leurs formes. Ces déformations purement transitoires sont dues, en grande partie, à l'action des courants cytoplasmiques sur ces éléments qui paraissent à l'état semi-fluide. Par contre, l'allure générale du chondriome d'une même cellule ne se modifie pas au cours de l'observation et les mitochondries conservent leur individualité [1].

---

(1) Il est loin de notre pensée de tirer de ces faits le moindre argument en faveur de la théorie qui fait jouer aux mitochondries un rôle dans la transmission des caractères héréditaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les glucosides de plusieurs espèces d'Orchidées indigènes*. Note de M. P. **Delauney**, présentée par M. L. Guignard.

Dans un précédent travail (¹), j'ai montré que le loroglossoside (loroglossine) (²), glucoside du *Loroglossum hircinum* Rich., existe aussi dans seize autres espèces d'Orchidées appartenant aux genres *Orchis*, *Ophrys*, *Cephalanthera*, *Epipactis*.

J'ai recherché si ce glucoside se retrouverait également dans les quatre espèces suivantes : *Goodyera repens* R. Br., *Limodorum abortivum* Sw., *Spiranthes autumnalis* Rich., *Orchis ustulata* L., chez lesquelles la caractérisation biochimique des glucosides hydrolysables par l'émulsine avait d'ailleurs conduit à un résultat positif.

L'extraction du loroglossoside a été tentée pour les deux premières espèces, qui ont été traitées suivant la méthode d'épuisements par l'éther acétique décrite précédemment (³).

En opérant ainsi il n'a pu être obtenu avec le *Limodorum abortivum* Sw., en milieu acétonique, sur amorce de loroglossoside, qu'une faible trace de cristaux donnant, comme celui-ci, une coloration rouge groseille par l'acide sulfurique concentré à froid. Par contre, à partir du *Goodyera repens* R.Br., j'ai pu isoler, toujours sur amorce de loroglossoside, 0g,10 environ d'un corps cristallisé, présentant l'aspect de ce glucoside et la réaction qui vient d'être rappelée. Le point de fusion de ce produit, obtenu en trop petite quantité pour pouvoir être purifié, a été trouvé égal à + 134-135° (corr.), après forte rétraction à + 128°,8 (corr.) (⁴).

Ne pouvant espérer avoir à ma disposition une quantité assez importante de chacune de ces espèces pour en extraire un poids de glucoside suffisant à une identification convenable par la détermination de ses constantes (point de fusion, pouvoir rotatoire, etc.), j'ai dû tourner la difficulté en

(¹) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 435; t. **172**, 1921, p. 471; t. **176**, 1923, p. 598. — *Contribution à l'étude des glucosides de la famille des Orchidées* (*Thèse de Doctorat universitaire : Pharmacie*, Paris, 1924).

(²) Cette dénomination nouvelle est donnée conformément aux décisions de la Conférence internationale de Chimie pure et appliquée de Copenhague, 1924.

(³) *Loc. cit.*

(⁴) Rappelons que le loroglossoside anhydre fond, peu nettement d'ailleurs, à + 143°,4 (corr.) après s'être fortement rétracté à + 138°,5 (corr.).

essayant d'isoler son produit de dédoublement, le loroglossigénol (*loroglossigénine*) (¹), corps cristallisé, facilement soluble dans l'éther.

A cette fin, les extraits éthéro-acétiques ont été redissous dans l'eau et la solution aqueuse additionnée d'émulsine, après avoir été épuisée par l'éther éthylique. Après hydrolyse, la solution et le précipité qu'elle contenait ont été également traités par l'éther. Les différents liquides éthérés ont été évaporés, après dessiccation sur du sulfate de soude anhydre, et ont abandonné des résidus amorphes, pour les épuisements ayant précédé l'hydrolyse fermentaire, et cristallisés, pour les épuisements effectués après l'action de l'émulsine. Les cristaux obtenus étaient facilement solubles dans la lessive de soude à 5 pour 100 et donnaient une coloration rouge framboise par l'acide sulfurique concentré et froid, comme le loroglossigénol.

Des résultats semblables ont été obtenus avec l'*Orchis ustulata* L. et le *Spiranthes autumnalis* Rich., en ajoutant directement de l'émulsine aux solutions aqueuses des extraits de chacune de ces deux espèces, après défécation convenable par le sous-acétate de plomb.

Plusieurs espèces d'Orchidées, desquelles le loroglossoside avait déjà été isolé, ont été traitées de la même manière et ont permis d'obtenir des cristallisations tout à fait comparables.

On peut donc regarder comme vraisemblable, après l'exposé des faits ci-dessus relatés, la présence du loroglossoside dans chacune des quatre espèces examinées.

PHYSIOLOGIE. — *Production calorique et respiration des tissus* in vitro *chez les Homéothermes*. Note de MM. **Émile F. Terroine** et **Jean Roche**, présentée par M. Henneguy.

La quasi-identité de teneur en azote total de tous les Mammifères (Terroine, Brenckmann et Feuerbach); la présence d'eau et de substances lipoïdiques dans les tissus en proportions telles qu'elles sont caractéristiques de l'espèce cellulaire considérée (A. Mayer et G. Schaeffer) et nullement en rapport avec l'intensité des échanges des sujets; une composition extrêmement voisine des matières protéiques (Osborne) rendent bien peu vraisemblable la possibilité de rapporter les différences de production calorique

(¹) Même remarque que plus haut pour le terme loroglossine. — Pour les propriétés du loroglossigénol, voir *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 776.

des divers homéothermes à des variations dans la grandeur et la composition de la masse active.

Et devant la nécessité de chercher, en dehors de cette masse, les causes de la grandeur des échanges, deux opinions ont été avancées.

L'une, depuis longtemps émise par Richet, rapporte l'intensité de la production calorique à la grandeur de l'excitation nerveuse; elle est parfaitement formulée par Lefèvre lorsqu'il dit que « la puissance du métabolisme cellulaire... apparaît sans équivoque comme l'expression du tonus auquel la cellule est élevée chez les êtres supérieurs par l'excitation nerveuse ». L'autre, exprimée dans la loi récemment proposée par Terroine, fait dépendre la grandeur de la production calorique d'un tissu de celle du débit sanguin dans ce tissu.

Avant de discuter la part de vérité que peuvent renfermer l'une ou l'autre de ces doctrines, un fait doit être établi sans conteste : la cause des différences de grandeur de production calorique des tissus de diverses espèces n'est pas en eux-mêmes. Si donc toute excitation extérieure, circulatoire et nerveuse, peut être expérimentalement supprimée, tous les tissus de même nature des homéothermes doivent alors présenter un taux d'échange identique. En conséquence, l'intensité respiratoire d'un tissu séparé de l'organisme doit toujours être la même quel que soit le sujet d'où ce tissu provient. Telle est la question que nous nous sommes posée.

Un Mémoire dans lequel on trouvera, à côté de la totalité de nos résultats expérimentaux, une longue discussion technique, indiquera pourquoi les données apportées par Abderhalden, Usui, Batelli et Stern ne permettaient pas de résoudre le problème qui nous préoccupe.

Nous avons donc repris, à l'aide du microrespiromètre de Krogh, la mesure de l'intensité respiratoire de divers tissus (muscle, foie, cerveau, rein) séparés de l'organisme et prélevés sur des homéothermes dont la production calorique varie dans des proportions considérables.

Les valeurs moyennes (de 6 à 8 déterminations) exprimées en millimètres cubes de O^2 par gramme de tissu frais ou sec et par heure sont réunies ci-après:

Intensité des échanges (1).		Lapin. 3 à 5	Poulet. 5	Cobaye. 6	Pigeon. 10	Souris 20	Veuve à collier d'or. 35 à 40
Muscle	frais...	361,87	405,4	366,4	398,1	365,9	405,4
	sec....	1611,0	1602,3	1636,8	1565,6	1601,1	1531,7
Foie	frais...	430,3	410,2	421,9	428,7	423,5	410,3
	sec....	1644,6	1484,3	1396,5	1509,4	1764,4	1511,5
Cerveau	frais...	»	»	530,3	566,4	541,35	529,03
	sec....	»	»	2526,4	2733,3	2669,2	2476,8
Rein	frais...	»	»	415,79	424,8	417,9	»
	sec....	»	»	1715,2	1764,5	2025,7	»

Deux conclusions de fait ressortent de nos mesures :

1° Pour un même organisme, les différents tissus présentent des activités respiratoires variées, l'activité la plus intense étant toujours celle du cerveau; c'est là, d'ailleurs, une simple confirmation d'observations antérieures.

2° Un même tissu présente toujours la même intensité respiratoire quel que soit l'homéotherme dont il provient. Ainsi, lorsque la production calorique passe de 4^{cal} par kg-heure, chez une espèce, à 40 chez une autre, la respiration *in vitro* du muscle, du foie, du cerveau, du rein, ne change pas.

Ce second fait constitue à nos yeux la preuve directe que les causes des différences qui séparent les homéothermes dans la grandeur de leur production calorique doivent être cherchées en dehors des lieux mêmes de cette production.

Quant à la nature de ces causes — nerveuse ou circulatoire — les présentes expériences ne peuvent évidemment la préciser en aucune manière. Des recherches actuellement en cours, et dans lesquelles nous nous efforçons de supprimer l'intervention d'un seul des facteurs invoqués, nous permettront peut-être de la discuter.

(1) Intensité des échanges en calories par kilogramme-heure (valeurs moyennes de divers auteurs).

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des rayons Röntgen sur la cholestérine.* Note (¹) de M. **A.-F. Roffo**, présentée par M. Jean Perrin.

Nos recherches précédentes relatives au rôle de la cholestérine dans le développement des tumeurs (²) établissait la diminution de sa concentration dans le sérum des malades soumis à la Röntgenthérapie. Ces résultats furent confirmés par des expériences sur des animaux (rats blancs) porteurs de tumeurs.

Les recherches ci-dessous résumées sont relatives à l'action des rayons de Röntgen sur des solutions chloroformiques de cholestérine. Ces solutions à 0,02 pour 100, étaient soumises à l'action des rayons (200 KV, 4 MA; distance 0,17) sans filtre, durant une heure. Après ce temps d'épreuve la réaction de Grigaut ne donnait plus que des traces de cholestérine impossibles à doser.

Si après évaporation de chloroforme on redissolvait de nouveau le résidu dans le chloroforme, le résultat restait le même. Pour nous rendre compte du minimum de temps requis pour obtenir cette destruction, nous soumettions à l'action des rayons deux séries de tubes contenant une solution de 0,02 pour 100 de cholestérine. Nous retirions toutes les 10 minutes un tube de la première série, toutes les 3 minutes un tube de la seconde série. Voici les chiffres que nous donnèrent les dosages de la cholestérine,

Il est important de noter que dans ces expériences les constantes physiques du chloroforme restaient invariables, ce qui témoigne en faveur d'une action directe des rayons sur la cholestérine. Nous avons également substitué le benzène au chloroforme. Les résultats furent les mêmes.

L'action directe des rayons sur la cholestérine cristallisée (durée d'exposition de 6 heures) s'est en revanche montrée sans effet. Les constantes physiques de ce corps restant inchangées. Il faut donc, pour que les rayons agissent, que la cholestérine soit dissoute. Le rôle de la longueur d'onde est aussi très important. Il est remarquable qu'en utilisant des rayons filtrés, très durs, de très courte longueur d'onde, on n'observe aucune modification de la cholestérine disoute, alors qu'avec des rayons mous, non filtrés,

---

(¹) Séance du 3 novembre 1924.

(²) Voir notamment : *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Cancer*, t. 13, 1924, p. 500.

celle-ci se produit toujours jusqu'à une petite profondeur dans la solution. Nous ajouterons que dans ce processus de destruction ou de transformation le noyau terpénique reste intact. Nos recherches se poursuivent sur la nature du produit restant après action des rayons; notons seulement pour l'instant l'existence d'un résidu oléagineux, vert sombre, exhalant une odeur aromatique.

Durée d'action des rayons en minutes.	Concentration de la solution	
	Avant l'action des rayons.	Après l'action des rayons.
10	0,02	0,006
20	»	0,008
30	»	indosable
40	»	»
50	»	»
60	»	»
70	»	»
3	0,02	0,019
6	»	0,016
9	»	0,016
12	»	0,007
15	»	0,003
18	»	indosable
21	»	»
24	»	»
27	»	»

L'action oxygénante de l'ozone n'a donné aucun résultat malgré le passage dans les solutions concentrées d'un courant continu d'ozone pendant une heure. L'oxygène naissant s'est montré également sans effet.

PROTISTOLOGIE. — *L'éthologie et la structure des* Spirophrya. *Leur parenté avec les* Fœttingeria. *L'origine et l'évolution du parasitisme de ces Infusoires.* Note [1] de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons fait connaître ici l'an dernier, sous le nom de *Spirophrya subparasitica*, un Infusoire astome dont l'évolution est, dans la nature, liée à

[1] Séance du 5 janvier 1925.

deux hôtes de passage : un Copépode benthonique, *Idya furcata*, et un Cœlentéré grand consommateur de ce Crustacé, l'Hydraire *Cladonema radiatum*. Le Copépode porte, fixés sur son tégument, les kystes du Cilié. Celui-ci en éclôt dans la cavité gastro-vasculaire de l'Hydraire, s'insinue dans le cadavre du Copépode en digestion et s'y accroît considérablement. Rejeté avec la dépouille du Copépode, il s'enkyste dans l'eau de mer, se multiplie par scissions répétées sous son kyste et donne jusqu'à 32 petits Ciliés. Nous avons pu, cette année, réaliser expérimentalement la réinfestation des *Idya* par les petits Ciliés issus du kyste palintomique. Chacun d'eux reproduit sur le Copépode un kyste phorétique. Nous avons ainsi fermé le cycle évolutif de la *Spirophyra subparasitica*.

Mais nous avons montré l'an dernier que son passage par le Cœlentéré n'est pas une condition indispensable de sa croissance et de sa multiplication. Quand on tue le Copépode, l'Infusoire éclôt aussitôt de ses kystes phorétiques, pénètre dans le cadavre, s'y accroît, s'y enkyste et s'y multiplie. L'hydraire n'intervient donc que comme tueur de Copépodes. Mais l'importance de son rôle dans les conditions naturelles est démontrée par ce fait que, dans les élevages sans hydraires, l'infection phorétique des *Idya* s'éteint très rapidement.

De la *Spirophrya subparasitica*, nous inclinions à rapprocher un Infusoire très analogue que nous observions depuis longtemps dans les cadavres de Copépodes du plancton (*Acartia*, *Centropages*, à Banyuls et à Roscoff), et nous émettions l'hypothèse qu'il devait, comme la *Spirophrya*, préexister sur ces mêmes Copépodes vivants, à l'état de kystes phorétiques. Nous avons en effet observé ces kystes et les avons fait évoluer comme ceux des *Idya*. Ils appartiennent à une *Spirophrya* qui est si semblable morphologiquement à la *Spirophrya* benthonique que nous ne saurions l'en distinguer spécifiquement. Nous avons fait évoluer l'une et l'autre forme dans quatre Gymnoblastides (*Cladonema*, *Eleutheria*, *Perigonimus*, *Hydractinia*), et dans deux Actinies (*Actinia equina*, *Heliactis bellis*).

Mais si le passage par les Cœlentérés sessiles paraît être, dans la nature, une condition indispensable à l'évolution de la *Spirophrya* benthonique, il est nécessaire de concevoir pour la *Spirophrya* pélagique soit une évolution directe par le Copépode, soit un passage par des prédateurs pélagiques. En fait, nous avons trouvé des *Spirophrya* en pleine croissance dans la cavité gastro-vasculaire d'Hydroméduses, de Cténophores et de Chætognathes. Il est probable que beaucoup d'invertébrés pélagiques peuvent ainsi lui servir

d'hôtes de passage. Par contre les poissons sont, d'après nos expériences, inaptes à jouer ce rôle. L'Infusoire ne résiste pas à la digestion peptique.

La résistance à la digestion tryptique, même très active, comme celle des Hydraires, est une propriété que possèdent, semble-t-il, déjà beaucoup de Ciliés libres. Ces Protozoaires sont ainsi, en quelque sorte, « préadaptés » ou mieux, « prêts à s'adapter », à vivre dans les voies intestinales des invertébrés.

Notre étude des *Spirophrya* nous a précisément, en nous révélant les affinités et l'origine des *Fœttingeria*, mis en présence d'un exemple saisissant d'une telle adaptation et des conditions qui l'ont favorisée.

La *Fœttingeria actiniarum* (Clap.) est un volumineux infusoire astome qui vit en chylotrophe dans la cavité gastro-vasculaire des Actinies. Il y effectue toute sa croissance qui paraît fort longue.

Il est bien caractérisé par la structure très particulière de son macronucléus, formé d'un réseau de cordons chromatiques sous-ectoplasmiques, son organe en rosace (découverts par Caullery et Mesnil, 1903) et sa ciliature dont l'étude a été tout récemment précisée par De Morgan (1924), qui a observé la multiplication par scissions répétées sous un kyste.

Dès l'apparition du Mémoire de De Morgan (1924), la comparaison des ciliatures et des modes de multiplication nous imposa la conviction que la *Fœttingeria* était étroitement apparentée à la *Spirophrya*. Peu après, la découverte chez cette dernière d'un « organe en rosace » nous en fournit la certitude. Cet organe n'existe d'ailleurs que chez un petit nombre des individus arrivés au terme de leur croissance. Il est plutôt spiral que circulaire et présente en son centre une petite mèche vibratile qui n'a pas été vue chez *Fœttingeria*. Nous le considérons comme un cytopharynx vestigial. A ce même stade de croissance maxima, la *Spirophrya* a son macronucleus étiré en un long cordon chromatique qui n'est ni ramifié ni anastomosé, mais très sinueux et sous-ectoplasmique comme chez la *Fœttingeria*. D'ailleurs, abstraction faite de la phase phorétique sur les Crustacés, qui n'est pas connue chez celle-ci, les stades du cycle évolutif présentent une structure et une succession à peu près superposables dans les deux genres.

Il importe de remarquer cependant que la *Spirophrya* ne s'établit jamais à demeure dans les Cœlentérés (Hydraires ou Actinies), qu'elle n'y passe jamais que le peu de temps nécessaire à la digestion du Copépode, qu'elle ne quitte pas sa dépouille et qu'elle est toujours régurgitée avec elle. Au contraire la *Foettingeria*, qui se rencontre et demeure dans les Actinies en l'ab-

sence de toute proie, est un endoparasite vrai, ce que n'est pas la *Spirophrya*.

Nous pensons que ces deux Ciliés tirent leur origine d'une même souche libre, d'un Holotriche prédateur ou bactériophage, comme sont les *Lacrymaria*, mais qui, au lieu de s'enkyster sur des objets inertes, s'enkystait sur un support vivant, sur un Copépode. L'image réelle d'un tel stade nous est fournie par le *Lagynus lœvis*, *Lacrymaria* phorétique, qui, à Banyuls, couvre parfois de ses kystes l'*Idya furcata* elle-même. Naturellement résistant, comme ce dernier, à la digestion tryptique, notre Infusoire éclosait dans les Cœlentérés prédateurs de Copépodes. Dans leur chyle, riche en aliments fluides, la nutrition diffusive se substituait à la nutrition particulaire ou phagocytaire. La bouche s'obturait. L'Infusoire s'hypertrophiait comme tant d'autres protistes parasites et, de ce fait, sa multiplication monotomique devenait palintomique. Au stade *Spirophrya*, où il a déjà tous les caractères morphologiques et physiologiques d'un vrai parasite, son parasitisme dans le Cœlentéré n'est encore qu'indirect, éphémère, et même facultatif. Au stade *Fœttingeria*, il est durable et probablement obligatoire. Comporte-t-il encore le stade phorétique indispensable chez la *Spirophrya* à l'expansion de l'espèce, ou bien, les petites *Fœttingeria* issues des kystes palintomiques sont-elles aptes à réinfester directement les Actinies ? Les expériences que nous avons pu faire jusqu'ici ne paraissent pas favorables à la deuxième hypothèse.

La séance est levée à 15h15m.

E. P.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JANVIER 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le fascicule II de l'*Inventaire des périodiques des bibliothèques de Paris* est en distribution au Secrétariat.

PHYSIQUE. — *Sur la propagation des ondes hertziennes à grande distance : Ordre de grandeur des perturbations de cette propagation.* Note [1] de M. **G. Bigourdan**.

Au moyen d'observations des *mêmes* signaux horaires radiotélégraphiques, faites en 1922 dans *divers* observatoires, j'ai montré [2] que les discordances constatées de réception ne peuvent pas être attribuées aux perturbations de propagation. Mais je ne disposais alors que d'observations faites sur des étendues relativement faibles, de l'ordre de 2000^{km} au maximum.

En 1923 des signaux émis à 20^h par le poste Lafayette (LY) près de Bordeaux ont été observés à des distances beaucoup plus grandes, notamment à Helwân, près du Caire, à Washington et à Ottawa (Canada) : ce sont ces observations [3] que je me propose de discuter de la même manière, conjointement avec celles faites en divers observatoires d'Europe (Green-

---

(1) Séance du 19 janvier 1925.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1099-1104.

(3) Ces observations sont publiées dans le *Bulletin horaire*, t. 1, n° 16, p. 307-309 et 354-363.

On n'a retenu que les jours où quatre observatoires au moins ont donné des résultats.

wich, Paris et Uccle), et en ne considérant que les différences D, ce qui rend les résultats indépendants des marches des pendules.

La différence D relative à chaque observatoire sera distinguée par un indice formé par la première lettre du nom de l'Observatoire.

Pour Paris, j'ai pu employer fréquemment trois sortes de résultats, obtenus au *Bureau international de l'Heure*, dont le premier a été obtenu à l'oreille, et les deux autres par enregistrement; le premier de ceux-ci résulte de l'enregistrement *direct* des signaux 1 et 300, tandis que le second a été calculé d'après les heures des coïncidences, déduites elles-mêmes de l'enregistrement : ces trois résultats sont désignés respectivement par D_p, $D_{1,p}$, $D_{2,p}$.

Les résultats individuels conclus de D sont donnés dans le Tableau I ci-après : M est la moyenne arithmétique des valeurs individuelles D_p, $D_{1,p}$, $D_{2,p}$, D_g, ...; quant à Δ_p, $\Delta_{1,p}$ $\Delta_{2,p}$ Δ_g,..., ce sont les corrections de ces valeurs individuelles pour les ramener à M. Toutes ces quantités sont exprimées en millièmes de secondes de temps.

En raison du petit nombre des valeurs individuelles, les moyennes M ne peuvent pas être rigoureuses, de sorte qu'il en est de même des Δ, mais l'examen du Tableau I justifie assez bien l'hypothèse faite sur l'exactitude de M. Peut-être plus tard, avec les émissions commandées par une pendulette de marche bien connue, sera-t-il possible d'avoir une valeur meilleure de M.

Les résultats de Greenwich sont déduits d'un enregistrement automatique; ceux des autres observatoires, en dehors de Paris, paraissent avoir été obtenus à l'oreille.

Prochainement nous verrons quelles conclusions se dégagent des nombres du Tableau I.

TABLEAU I.

	Paris.			Greenw.	Helwân.	Ottawa.	Uccle.	Wash.	
1923.	D_p. Δ_p.	$D_{1,p}$.$\Delta_{1,p}$.	$D_{2,p}$.$\Delta_{2,p}$.	D_g. Δ_g.	D_h. Δ_h.	D_o. Δ_o.	D_u. Δ_u.	D_w. Δ_w.	M.
Janv. 3.....	190+05	"	"	180+15	220−25	"	"	190+05	**195**
8.....	190−18	170−08	130+32	170−08	140+22	"	"	170−08	**162**
9.....	190−15	"	"	170+05	170+05	"	"	170+05	**175**
18.....	190−05	"	"	180+05	180+05	"	"	190−05	**185**
20.....	190−15	"	"	170+05	180−05	"	"	160+15	**175**
27.....	160+05	"	"	160+05	170−05	"	"	170−05	**165**
29.....	160+12	"	"	200−28	170+02	"	"	160+12	**172**
30.....	180−06	"	"	190−16	170+04	"	150+24	180−06	**174**
Févr. 14.....	140+15	"	"	170−15	140+15	"	"	170−15	**155**
16.....	140+18	"	"	150−02	170−22	"	130+18	"	**148**

1923.	Paris. D_p. Δ_p.	$D_{1,p}$.$\Delta_{1,p}$.	$D_{2,p}$.$\Delta_{2,p}$.	Greenw. D_g. Δ_g.	Helwân. D_h. Δ_h.	Ottawa. D_0. Δ_0.	Uccle. D_u. Δ_u.	Wash. D_w. Δ_w.	M.
Févr. 17.....	160+16	220-44	170+06	160+16	"	"	"	170+06	**176**
19.....	200-08	"	"	160+22	200-18	"	"	170+12	**182**
20.....	140+30	180-10	200-30	170 00	200-30	"	130+40	170 00	**170**
21.....	160+12	"	"	160+12	180-08	"	"	190-18	**172**
26.....	160 00	"	"	140+20	170-10	"	"	170-10	**160**
27.....	160 00	"	"	190-30	170-10	"	130+30	150+10	**160**
28.....	160+08	"	"	180-12	170-02	"	"	160+08	**168**
Mars 5.....	160+30	"	"	190 00	260-70	"	"	150+40	**190**
6.....	130+28	"	"	160-02	170-12	"	"	170-12	**158**
9.....	160-06	160-06	160-06	150+04	160-06	"	130+24	160-06	**154**
16.....	140+22	190-28	150*+12	170-08	"	160+02	"	160+02	**162**
17.....	170-10	150+10	150*+10	170-10	"	170-10	"	150+10	**160**
18.....	160+02	"	160+02	170-08	160+02	160+02	"	"	**162**
19.....	190-22	"	"	160+08	"	160+08	"	160+08	**168**
20.....	190-26	"	140*+24	160+04	"	170-06	"	160+04	**164**
24.....	190-28	"	"	160+02	"	160+02	"	140+22	**162**
26.....	190-22	"	"	130+38	170-02	160+08	"	190-22	**168**
27.....	220-42	"	"	160+18	"	160+18	"	170+08	**178**
29.....	200-22	"	"	150+28	200-22	170+08	"	170+08	**178**
30.....	180-08	"	190-18	160+12	"	160+12	"	170+02	**172**
Avril 3.....	170 00	"	"	180-10	170 00	160+10	"	"	**170**
4.....	160+07	170-03	170*-03	160+07	170-03	170-03	"	"	**167**
7.....	160+07	180-13	160+07	170-03	160+07	170-03	"	"	**167**
10.....	190-15	"	"	180-05	170+05	160+15	"	"	**175**
14.....	190-18	"	"	160+12	170+02	170+02	"	"	**172**
20.....	190-30	140+20	190-30	150+10	"	160 00	130+30	"	**160**
22.....	190-22	160+08	160+08	170-02	170-02	160+08	"	"	**168**
23.....	160-08	"	"	150+02	"	160-08	140+12	"	**152**
24.....	160-12	130+18	160-12	140+08	"	170-22	130+18	"	**148**
25.....	160-03	180-23	140+17	170-13	"	160-03	130+27	"	**157**
26.....	180-30	170-20	140+10	130+20	"	160-10	120+30	"	**150**
27.....	170-13	"	140+17	130+27	170+13	160-03	170+13	"	**157**
28.....	160+10	"	"	170 00	200-30	170 00	150-20	"	**170**
29.....	170+08	"	170+08	190-12	200-22	160+18	"	"	**178**
Mai 2.....	190-20	»	»	160+10	»	170 00	160+10	»	**170**
3.....	160-02	170-12	150+08	»	160-02	170-12	140+18	»	**158**
4.....	190-16	»	»	170+04	190-16	160+14	160+14	»	**174**
7.....	180-12	160+08	170-02	»	200-32	160+08	140+28	»	**168**
8.....	140+23	150+13	180-17	»	180-17	160+03	170-07	»	**163**
11.....	130+15	»	»	140+05	»	160-15	150-05	»	**145**
12.....	160-02	»	»	150+08	170-12	150+08	»	»	**158**
14.....	190-32	»	»	140+18	»	160-02	140+18	»	**158**
15.....	130+30	150+10	160 00	180-20	200-40	150+10	150+10	»	**160**
16.....	140+17	180-23	180*-23	170-13	140+17	150+07	140+17	»	**157**
17.....	140+02	»	»	150-08	»	150-08	130+12	»	**142**

	Paris.			Greenw.	Helwân.	Ottawa.	Uccle.	Wash.	
1923.	D_p. Δ_p.	$D_{1,p}$.$\Delta_{1,p}$.	$D_{2,p}$.$\Delta_{2,p}$.	D_g. Δ_g.	D_h. Δ_h.	D_o. Δ_o.	D_u. Δ_u.	D_w. Δ_w.	M.
Mai 18.....	160-11	140+09	140+09	140+09	170-21	150-01	140+09	»	149
19.....	160-12	170-22	140+08	140+08	»	150-02	130+18	»	148
21.....	160-07	160-07	140+13	140+13	170-17	150+03	»	»	153
22.....	160 00	170-10	160 00	130+30	»	150+10	190-30	»	160
23.....	140+13	150+03	160-07	170-17	170-17	150+03	130+23	»	153
24.....	140+18	170-12	140+18	170-12	170-12	160-02	»	»	158
25.....	»	»	»	130+08	140-02	150-12	130+08	»	138
26.....	190-38	»	»	»	120+32	160-08	140+12	»	152
28.....	140+04	»	»	120+24	180-36	150-06	130+14	»	144
29.....	140+05	150-05	150-05	160-15	»	150-05	120+25	»	145
30.....	180-24	190-34	120*+36	150+06	170-14	150+06	130+26	»	156
31.....	140+12	»	»	140+12	170-18	160-08	150+02	»	152
Juin 1.....	140+10	»	110*+40	170-20	170-20	160-10	150 00	»	150
2.....	130+25	»	»	160-05	170-15	160-05	»	»	155
3.....	130+25	160-05	150+05	160-05	170-15	160-05	»	»	155
4.....	160-10	160-10	160-10	160-10	120+30	160-10	130+20	»	150
5.....	180-22	»	170*-12	120+38	180-22	»	140+18	»	158
6.....	180-26	»	»	140+14	150+04	170-16	130+24	»	154
7.....	180-03	»	190*-13	200-23	200-23	160+17	130+47	»	177
8.....	190-17	190-17	160+13	160+13	190-17	160+13	160+13	»	173
9.....	200-28	160+12	180-08	140+32	180-08	170+02	»	»	172
11.....	160-11	140+09	160*-11	140+09	160-11	160-11	120+29	»	149
12.....	170+02	200-28	200*-28	160+12	»	160+12	140+32	»	172
13.....	170-07	»	160+03	170-07	180-17	160+03	140+23	»	163
14.....	160-17	140+03	140*+03	130+13	»	160-17	130+13	»	143
15.....	160-10	150 00	180-30	150 00	»	160-10	100+50	»	150
18.....	160+01	180-19	160*+01	150+11	190-29	160+01	130+31	»	161
19.....	140+14	»	»	160-06	170-16	160-06	140-14	»	154
20.....	140+10	»	160-10	130+20	170-20	160-10	140+10	»	150
21.....	130+10	170-30	140 00	120+20	»	150-10	130+10	»	140
25.....	140+20	»	»	170-10	»	160 00	170-10	»	160
26.....	160-02	»	»	170-12	160-02	»	140+18	»	158
27.....	130+18	»	»	160-12	170-22	150-02	130+18	»	148
28.....	170-16	»	»	150+04	160-06	160-06	130+24	»	154
29.....	160+07	160+07	190*-23	170-03	»	160+07	160+07	»	167
30.....	170-12	»	170*-12	160-02	190-32	130+28	130+28	»	158
Juill. 1.....	160-07	160-07	160-07	130+23	160-07	150+03	»	»	153
2.....	160-14	140+06	150-04	130+16	160-14	150-04	130+16	»	146
4.....	160-03	»	»	150+07	170-13	150+07	»	»	157
5.....	140+08	140+08	120+28	160-12	170-22	160-12	»	»	148
9.....	170-15	160-05	150+05	160-05	»	160-05	130+25	»	155
11.....	150+01	150+01	140+11	140+11	190-39	160-09	130+21	»	151
12.....	160-13	150-03	160-13	120+27	150-03	160-13	130+17	»	147
13.....	170-24	140+06	120+26	140+06	170-24	150-04	130+16	»	146
15.....	170-13	160-03	150+07	150+07	160-03	150+07	»	»	157

1923.	Paris. D_p. Δ_p.	Paris. $D_{1,p}$.$\Delta_{1,p}$.	Paris. $D_{2,p}$.$\Delta_{2,p}$.	Greenw. D_g. Δ_g.	Helwân. D_h. Δ_h.	Ottawa. D_0. Δ_0.	Uccle. D_u. Δ_u.	Wash. D_w. Δ_w.	M.
Juill. 16.....	140-06	080+54	100+34	170-36	170-36	150-16	130+04	»	134
17.....	190-38	»	»	150+02	140+12	150+02	130+22	»	152
18.....	160-12	»	»	150-02	160-12	140+08	130+18	»	148
19.....	170-17	150+03	140+13	160-07	170-17	150+03	130+23	»	153
20.....	140-03	150-13	140-03	140-03	160-23	150-13	080+57	»	137
21.....	170-18	140+12	150+02	150+02	160-08	140+12	»	»	152
26.....	190-25	»	»	160+05	170-05	140+25	»	»	165
27.....	190-35	150+05	160-05	150+05	»	150+05	130+25	»	155
28.....	170-22	140+08	130+18	140+08	170-22	140+08	(300)	»	143
31.....	190-37	150+03	140+13	150+03	»	150+03	140+13	»	158
Août 1.....	200-38	200-38	160*+02	150+12	»	110+52	150+12	»	162
2.....	170-18	140+12	160*-08	140+12	»	160-08	140+12	»	152
4.....	210-20	»	»	220-30	200-10	»	130+60	»	190
9.....	170+12	»	»	230-48	160+22	210-28	140+42	»	182
10.....	200+12	220-08	210*+02	230-18	»	220-08	190+22	»	212
11.....	220+10	»	»	»	230 00	220+10	250-20	»	230
16.....	190+13	210-07	230*-27	230-27	»	220-17	140+63	»	203
23.....	250-20	220+10	200+30	240-10	»	220+10	250-20	»	230
24.....	260-33	210+17	210+17	220+07	»	200+27	260-33	»	227
25.....	230-02	230-02	250-22	210+18	»	200+28	250-22	»	228
26.....	230-02	»	220+02	230-02	»	230-02	»	»	228
27.....	250-28	230-08	220+02	240-18	230-08	220+02	160+62	»	222
28.....	230-14	»	220-04	190+26	»	220-04	220-04	»	216
29.....	200+13	170+43	250*-37	220-07	»	210+03	230-17	»	213
30.....	250-12	»	»	230+08	»	230+08	240-02	»	238
Sept. 2.....	250-40	»	180+30	200+10	210 00	210 00	»	»	210
3.....	210+10	220 00	230*-10	200+20	»	230-10	230-10	»	220
4.....	230 00	»	240-10	220+10	»	210+20	250-20	»	230
6.....	240-23	»	»	210+07	210+07	210+07	»	»	217
7.....	230+10	210+30	240 00	250-10	»	230+10	280-40	»	240
13.....	240-22	210+08	230*-12	170+48	»	210+08	250-32	»	218
14.....	230-08	210+12	230*-08	220+02	»	250-28	190+32	»	222
21.....	220+08	200+28	230-02	230-02	»	220+08	270-42	»	228
24.....	250-17	220+13	220*+13	210+23	270-37	230+03	»	»	233
28.....	230-10	»	»	220 00	210+10	220 00	220 00	»	220
29.....	230+03	»	»	230+03	»	220+13	250-17	»	233
Oct. 1.....	230-07	220+03	220+03	220+03	230-07	220+03	»	»	223
2.....	260-32	»	»	210+18	»	190+38	250-22	»	228
3.....	220+03	»	»	210+13	»	210+13	250-27	»	223
5.....	250-14	220+16	210*+26	240-04	»	220+19	260-24	»	236
8.....	160+52	»	220-08	230-18	»	220-08	230-18	»	212
9.....	230-22	150+58	200+08	220-12	»	220-12	230-22	»	208
11.....	250-15	»	»	210+25	250-15	230+05	»	»	235
12.....	260-28	190+42	240-08	240-08	250-18	210+22	»	»	232
13.....	220-05	230-15	220*-05	200+15	»	230-15	190+25	»	215

1923.	Paris. D_p. Δ_p.	$D_{1,p}$.$\Delta_{1,p}$.	$D_{2,p}$.$\Delta_{0,p}$.	Greenw. D_g. Δ_g.	Helwân. D_h. Δ_h.	Ottawa. D_0. Δ_0.	Uccle. D_u. Δ_u.	Wash. D_w. Δ_w.	M.
Oct. 15.....	250-66	»	»	260-16	230+14	230+14	250-06	»	244
16.....	250-18	»	230+02	230+02	230+02	210+22	240-08	»	232
17.....	220-13	220 13	200*+07	210-03	»	220-13	170+37	»	207
18.....	210-14	»	140+56	190+06	210-14	230-34	»	»	196
19.....	230+02	220+12	230*+02	230+02	»	220+12	260-28	»	232
20.....	230-08	»	»	210+12	230-08	220+02	»	220+02	222
22.....	260-25	»	»	220+15	250-15	210+25	250-15	220+15	235
23.....	230+01	250-19	250-19	200+31	250-19	210+21	230+01	230+01	231
24.....	200+35	»	»	250-15	»	220+15	270-35	»	235
25.....	220+16	240-04	230+06	270-34	220+16	240-04	230+06	»	236
26.....	230+03	»	»	250-17	»	220+13	230+03	»	233
28.....	220+10	»	240-10	250-20	230 00	210+20	»	»	230
29.....	230 00	»	»	220+10	250 20	220+10	»	»	230
31.....	220+15	240-05	260-25	240-05	»	230+05	220+15	»	235
Nov. 1.....	220+10	240-10	230 00	220+10	240-10	230 00	»	»	230
2.....	230-07	240-17	210+13	200+23	230-07	230-07	»	»	223
4.....	250-20	220+10	240-10	210+20	240-10	220+10	»	»	230
5.....	230-13	200+17	210+07	210+07	230-13	220-03	»	»	217
6.....	220+02	»	»	220+02	230-08	230-08	210+12	»	222
7.....	230+02	240-12	210+18	240-12	220+08	230-02	»	»	228
9.....	250 00	250 00	240+10	280-30	» »	250 00	230+20	»	250
11.....	250+04	260-06	260-06	270-16	230+24	250+04	»	»	254
12.....	220+32	260-08	270*-18	260-08	250+02	250+02	»	»	252
14.....	250-03	250-13	260*-13	220+27	250-03	250-03	250-03	»	247
15.....	270-08	240+22	280-18	»	270-08	250+12	»	260+02	262
16.....	230+08	240-02	210*+28	»	»	250-12	270-32	230+08	238
18.....	250-05	240+05	270-25	220+25	»	240+05	»	250-05	245
19.....	260-22	220+18	240*-02	240-02	»	240-02	»	230+08	238
20.....	230 00	230 00	230 00	190+40	»	240-10	260-30	»	230
21.....	250-19	240-09	220+11	220+11	»	240-09	220+11	230+01	231
22.....	250-11	240-01	260-21	240-01	»	220+19	210+29	250-11	239
23.....	250 00	»	310-60	230+20	»	230+20	230+20	»	250
24.....	250-05	250-05	240+05	240+05	»	240+05	»	250-05	245
28.....	230+08	»	»	270-32	»	250-12	200+38	»	238
30.....	230-02	»	»	180+48	»	250-22	250-22	»	228
Déc. 1.....	250+12	»	280-18	270-08	»	240+22	»	270-08	262
4.....	250-07	»	240*+03	250-07	»	220+23	250-07	250-07	243
5.....	250 00	270-20	250 00	250 00	»	240+10	(100) »	240+10	250
7.....	240-03	260-23	250-13	170+67	»	250-13	250-13	»	237
8.....	250+06	280-24	260-04	270-14	»	240+16	250+06	240+16	256
10.....	250-02	240+08	240*+08	270-22	250-02	240+08	»	»	248
11.....	260-19	250-09	220*+21	240+01	»	240+01	220+21	260-19	241
12.....	260-11	240+09	280-31	220+29	»	240+09	250-01	250-01	249
13.....	250+02	240+12	270-18	260-08	»	240+12	»	250+02	252
14.....	240+06	250-04	240+06	250-04	»	240+06	250-04	250-04	246

1923.	Paris.			Greenw.	Helwân.	Ottawa.	Uccle.	Wash.	
	D_p. Δ_p.	$D_{1,p}$.$\Delta_{1,p}$.	$D_{2,p}$.$\Delta_{2,p}$.	D_g. Δ_g.	D_h. Δ_h.	D_0. Δ_0.	D_w. Δ_u.	D_w. Δ_u.	M.
Déc. 15	250+04	»	»	270–16	»	250+04	260–06	240+14	**254**
18	240+13	240+13	260–07	260–07	»	230+23	270–17	270–17	**253**
19	250+01	250+01	240+11	260–09	»	250+01	250+01	260–09	**251**
20	250–02	260–12	240+08	270–22	230+18	240+08	»	»	**248**
21	260–09	250+01	250+01	230+21	»	250+01	260–09	260–09	**251**
22	250–01	240+09	240+09	250–01	260–11	240+09	260–11	»	**249**
23	250+02	270–18	240+12	250+02	250+02	250+02	»	»	**252**
26	260–06	250+04	270–16	240+14	270–16	240+14	»	250+04	**254**
27	250–04	230–16	250–04	240+06	270–24	240+06	»	240+06	**246**
28	250–05	»	»	260–15	»	250–05	220+25	»	**245**
29	250+02	»	»	260–08	250+02	250+02	250+02	250+02	**252**

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur l'élimination urinaire du* Bacillus coli communis *et sur son origine hématogène.* Note de M. **H. Vincent**.

Bien que le *Bacillus coli communis* soit, depuis la naissance de l'homme jusqu'à sa mort, un commensal normal du tube digestif, et qu'il y végète d'une manière continue et en proportion énorme, cette pullulation intestinale ne confère cependant pas d'immunité bien appréciable. Le bacille peut déterminer, en effet, des infections générales ou locales parfois mortelles. Le pyélonéphrite et la colibacillurie sont des manifestations fréquentes de cette infection.

Les maladies de l'intestin, la constipation, les affections utérines, la grossesse, etc., enfin, ainsi que je l'ai montré, le paludisme et la fièvre typhoïde [1], prédisposent parfois à l'envahissement de l'organisme par le *B. coli* et à sa localisation secondaire dans les reins et dans la vessie. On trouve, en pareil cas, le *B. coli* en abondance extrême dans l'urine. Chez certains malades, j'en ai dénombré 500000 et plus par centimètre cube d'urine.

J'ai recherché comment se produit le passage de ce microbe à travers le rein et dans l'urine.

A cet effet, des lapins mâles, adultes, étant immobilisés en position dorsale, on injecte dans la veine marginale de l'oreille, 2^{cm^3} de culture en bouillon, âgée de 3 jours, de *B. coli* provenant d'un malade atteint de colibacillose aiguë (race P-17 de la collection de mon laboratoire).

---

[1] H. Vincent, *Académie de Médecine*, t. 35, 1896, p. 452, et *Société médic. des Hôpitaux de Paris*, t. 24, 1907, p. 1443.

En même temps, on recueille aseptiquement l'urine à l'aide d'une sonde stérilisée laissée à demeure pendant plusieurs heures. Des ensemencements en sont pratiqués tous les quarts d'heure. La numération des bacilles a été faite suivant la méthode que j'ai décrite (1).

Des prises de sang sont faites également à intervalles réguliers.

Dans ces conditions, on constate que l'apparition du *B. coli* n'est jamais précoce. Chez 7 lapins inoculés, elle est survenue deux heures et demie à trois heures, en moyenne, et une fois, quatre heures après l'inoculation intraveineuse. A ce moment l'urine n'est pas albumineuse, mais elle le devient une à deux heures avant la mort.

Au début, le *B. coli* passe dans l'urine en proportion très faible (1 à 2 par centimètre cube). A partir de la cinquième ou sixième heure, on en compte de 20 à 50 par centimètre cube. Au moment de la mort, qui s'est produite entre la onzième et la vingtième heure après l'inoculation, le nombre des bacilles a été de 200 à 700 par centimètre cube d'urine.

L'ensemencement du sang décèle la présence du *B. coli* pendant les premières minutes qui suivent l'injection. Le bacille disparaît ensuite, fixé dans les organes et les tissus où il commence à se multiplier. Mais on le retrouve dans le sang du cœur peu avant la mort ou aussitôt après celle-ci. A l'autopsie l'ensemencement de la pulpe rénale en fournit de grandes quantités.

L'urine de l'homme constitue un milieu de culture passable pour le *B. coli communis*. Mais celle du lapin, qui est très alcaline, s'oppose à la multiplication *in vitro* de ce microbe (2). Cependant, ainsi qu'il vient d'être dit, l'infection sanguine expérimentale est toujours suivie, après une période latente de 3 heures environ, du passage du bacille dans l'urine. On peut se demander si ce passage est passif, c'est-à-dire s'il résulte de la simple filtration mécanique du bacille à travers le rein; ou bien s'il est précédé ou déterminé par une lésion anatomique de cet organe due à la multiplication du colibacille; enfin en quel point du parenchyme rénal s'opère cette effraction du microbe pathogène.

Les expériences qui précèdent démontrent l'existence de cette élimination urinaire, mais la mort des animaux est trop rapide pour permettre d'en

(1) H. Vincent, *Congrès international d'Hygiène*, Londres, 1891; *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 19, 25 avril 1905, p. 233; *Hygiène générale et appliquée*, t. 4, 1909, p. 74.

(2) Le titre d'alcalinité de l'une de ces urines équivalait à 2g,12 pour 1000 en carbonate de soude.

constater le mécanisme avec précision par l'examen histologique des reins. Il m'a été possible, cependant, de compléter ces expériences par l'étude d'un cas de colibacillose humaine mortelle, avec colibacillurie abondante, et qui avait la valeur d'une expérience de laboratoire. La mort est survenue au onzième jour. Le rein présentait des lésions caractéristiques qui permettent d'apporter quelque lumière sur le processus d'élimination du *B. coli*.

A l'examen microscopique du rein, on a constaté, en effet :

1° L'existence des bacilles à l'intérieur des gros vaisseaux et dans le milieu sanguin lui-même ;

2° Tous les degrés de l'infection du glomérule de Malpighi par le colibacille, depuis son début jusqu'à l'infiltration microbienne abondante, la désorganisation et même la suppuration de ce glomérule ;

3° Le caractère parcellaire de ces glomérulites, isolées au milieu de zones de parenchyme sain.

Dans les glomérules malades, l'épithélium de la capsule de Bowman avait disparu. Le réseau glomérulaire altéré, disloqué, infiltré de leucocytes (dont la plupart étaient en cytolyse) et de bacilles, s'était laissé forcer par ces microbes. Faisant irruption dans la cavité de la capsule, les colibacilles avaient ensuite suivi le trajet de l'urine dans les canalicules urinifères. On les retrouvait en abondance extrême dans les tubes collecteurs où ils formaient des amas énormes résultant soit de leur accumulation progressive, soit de leur multiplication *in situ*.

L'origine hématogène du colibacille dans l'infection urinaire autogène est donc démontrée à la fois par l'expérimentation et par l'étude microscopique des lésions que détermine ce microbe dans le rein.

Il me paraît que la disposition anatomique des artères rénales, toutes terminales, enfin que la structure et les fonctions de l'artériole qui forme les plicatures du bouquet glomérulaire, favorisent spécialement ces infections microbiennes.

Physiologiquement, la circulation sanguine subit, en effet, dans le réseau vasculaire du glomérule de Malpighi un ralentissement qui facilite l'osmose urinaire. On sait en effet que, lorsqu'on injecte l'artère rénale, tout le réseau artériel du rein est rempli, à l'exception des *arteriæ rectæ* issues du vaisseau efférent des glomérules de Malpighi. Ceci démontre bien l'existence d'un obstacle ou d'un barrage relatif dans ces glomérules, condition normale qui explique peut-être aussi l'arrêt, en ces derniers, des bacilles apportés par le sang.

Réflexions au sujet de la Note de M. H. VINCENT, par M. **P. BAZY.**

Je n'ai pas fait d'expériences sur les altérations du rein déterminées par les injections intraveineuses de culture du colibacille.

Il y a une trentaine d'années, j'ai fait des expériences sur le lapin pour corroborer les idées cliniques que j'avais émises, tendant à montrer que les cystites dites rhumatismales, goutteuses, *a frigore*, n'étaient que des cystites infectieuses, et j'ai pu en injectant dans la veine marginale de l'oreille du lapin une culture de coli et en liant la verge pendant un certain nombre d'heures, déterminer dans la vessie des lésions non douteuses de cystite.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de corps organiques fossiles dans les marbres de l'Uruguay.* Note de M. MAURICE LUGEON.

La grande série cristalline qui longe l'Atlantique s'étend dans la République de l'Uruguay, en occupant plus de la moitié de la surface du pays. Sur elle et dans l'Ouest repose en discordance la série de Gondwana formant de grands espaces tabulaires.

Le socle ancien, dont l'étude systématique n'a pas été abordée, faute de géologues et de cartes topographiques, a toutefois fait l'objet de travaux qui ont été heureusement résumés, il y a peu d'années, par K. Walther (¹).

L'ensemble se présente comme une immense étendue de schistes cristallins redressés, percés par des amas de roches ignées les plus diverses.

L'abondance du calcaire, tantôt en feuillets, tantôt en minces couches alternant avec les schistes, ailleurs en grosses masses nettement stratifiées, est un fait caractéristique de ce vieux massif cristallin.

Ces calcaires sont en général transformés en marbres dont certaines variétés, d'une grande beauté, sont exploitées par la Compagnie de matériaux de construction de Montevideo, dans deux carrières principales, dont l'une est à Verdun, dans le Département Minas, l'autre à Nueva Carrara, ou Burguegno, non loin du fameux Pan de Azucar, dont parle Darwin, dans le Département de Maldonado.

(¹) K. WALTHER, *Lineas fondamentales de la Estructura geologica de la Republica o. de Uruguay* (*Revista de l'Instituto nat. de Agronomia*, 2ᵉ série, n° 3, Montevideo, 1919).

Grâce à l'obligeance de M. Superviele, Président de la Compagnie, j'ai pu visiter ces exploitations en février 1924.

Dans la carrière de Verdun, les marbres sont, soit d'admirables cipolins rappelant, avec plus d'éclat encore et de transparence, les cipolins d'Europe, soit des calcaires semi-cristallins à fond blanc ou ivoire, à larges bandes diversement colorées.

Les marbres de Verdun sont à tel point cristallisés, mylonitisés, que l'on ne peut guère avoir d'espoir d'y trouver des traces organiques. L'étude à laquelle je me suis livré ne m'a en effet rien donné.

Dans la carrière de Nueva Carrara, est exploité un marbre dont il est possible d'extraire des blocs, absolument sains, de plusieurs mètres cubes et dont la variété principale translucide est d'un gris perle soyeux admirable. Par places, par le fait de l'infiltration des sels de fer, les teintes passent du gris rosé le plus tendre au rouge sombre, avec des variétés craquelées qui placent ces matériaux polis parmi les plus beaux marbres connus.

En examinant le massif calcaire de Nueva Carrara, j'ai été frappé par l'existence d'une roche qui y est peu répandue. C'est une roche à fond vert sombre, piquetée d'une multitude de petites taches rouges.

Au microscope, la roche se montre formée par de larges plages de calcite, à macles polysynthétiques, colorées en rouge par de l'hématite. Ces plages sont noyées dans une pâte qui se partage en quantité presque égale entre calcite et chlorite. Celle-ci auréole, de préférence, les grands fragments de calcite hématitisée. Dans la pâte se voient également du sphène et de la limonite en petits grains ainsi que de nombreuses petites masses opaques d'hématite et de rutile.

Les taches rouges ne sont autre chose que des débris fossiles hématisés. On y reconnaît, dans quelques-unes d'entre elles, des fragments de test d'échinodermes; d'autres semblent appartenir à des débris de mollusques et d'autres encore à des corps méconnaissables ou inconnus. Leurs contours sont irréguliers, frangés.

Malgré le caractère très fruste de ces traces organiques, cette découverte ne manque pas d'intérêt, puisque *c'est la première fois que l'on découvre des restes fossiles* dans la série du vieux socle cristallin uruguayen.

Sans doute, ces restes n'ont aucune signification précise pour une détermination stratigraphique rigoureuse. Ils nous font cependant incliner à croire qu'il s'agit d'une série silurienne, d'autant que dans le voisinage

brésilien on connaît le Dévonien fossilifère, en discordance sur la vieille série.

Mais ces marbres sont accompagnés de schistes graphiteux qui rappellent parfois étrangement des schistes à graptolites. Jusqu'à ce jour ils n'ont livré aucun organisme. La découverte que je viens de faire est un encouragement pour les chercheurs. Avec les poudingues caractéristiques qui avoisinent ces calcaires, avec ces schistes graphiteux, les géologues uruguayens ne tarderont certainement pas à établir une chronologie relative de ce que je crois être un fragment des Calédonides américaines.

M. G. Urbain s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un livre que j'ai intitulé : *Les notions fondamentales d'Élément chimique et d'atome*, qui paraît dans la Collection *Science et Civilisation*, éditée avec élégance par MM. Gauthier-Villars et C[ie], sous la direction éclairée de M. Maurice Solovine.

A l'inverse de ce que j'avais fait précédemment, je me suis placé, dans ce nouveau livre, à un point de vue purement atomique; et j'ai étudié, en ce qui concerne la notion d'élément chimique, la partie de l'atomisme contemporain, que l'on a appelée la chimie subatomique. J'y ai exposé, de la manière la plus simple possible, les idées actuelles sur la constitution des atomes et la nature des divers éléments chimiques, en cherchant à préciser leur valeur.

Je me suis efforcé de justifier la définition nouvelle d'élément chimique, donnée en 1923, par la Commission Internationale des Éléments que j'ai l'honneur de présider. Après avoir examiné le problème sous ses différentes faces, j'ai dû conclure que si cette définition est supérieure aux anciennes, elle ne saurait être considérée comme définitive.

Les chapitres destinés à justifier ces conclusions, et quelques autres, traitent des éléments radioactifs, de la radioactivité artificielle créée de toutes pièces par sir Ernest Rutherford, des constituants de l'atome selon Bohr et de leurs rapports avec les propriétés physico-chimiques, et enfin des isotopes.

La lecture de ce livre n'exige qu'une culture générale. Cependant le point de vue critique et philosophique où j'ai dû me placer ne permet pas de considérer cette étude comme une œuvre de vulgarisation.

M. G. Urbain fait hommage à l'Académie du *Deuxième Rapport de la Commission internationale des éléments chimiques :* Table internationale des poids atomiques, 1925.

M. Jules Andrade fait hommage à l'Académie (¹) d'un volume intitulé *Horlogerie et Chronométrie*.

L'auteur de ce livre a exposé les grands problèmes de la Chronométrie, au point de vue des besoins de la technique horlogère, mais en tenant compte des rapports étroits qui lient aujourd'hui la Mécanique de précision à des questions physiques importantes, en sorte que les problèmes nouveaux ainsi rapprochés dépendent aujourd'hui des progrès d'une même métrologie.

Vers la fin de son volume, l'auteur montre comment le problème des spiraux associés s'est élargi vers un but nouveau depuis que la belle découverte de M. Guillaume a permis l'emploi d'un balancier rigide, qui seul se prête à la poursuite de l'isochronisme sinusoïdal complet.

Ajoutons enfin que l'auteur a dans cette voie, et dans une note postérieure au présent volume, précisé le moyen d'éviter l'intégration complète du problème du ruban hélicoïdal, par une métrologie expérimentale qui élimine le calcul de la torsion.

PLIS CACHETÉS.

M. E. Lecomte demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 12 janvier 1925 et inscrit sous le n° 9477.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme une Note intitulée : *Physique du Globe et de l'Univers*.

M. Georges Bouligand demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 17 novembre 1924 et inscrit sous le n° 9436.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme la Note suivante, dont l'Académie décide l'insertion dans les *Comptes rendus :*

(¹) Séance du 19 janvier 1925.

Dimension, étendue, densité.

1. Il est important d'étudier l'allure d'un potentiel d'après la structure de l'ensemble potentiant et les caractères de la répartition des masses sur cet ensemble. Ceci va nous amener à envisager des classes d'ensemble auxquelles s'étendent les concepts : *étendue* et *densité*.

Soit E un ensemble parfait de points M, en géométrie métrique à n dimensions. Les points dont la distance à E ne surpasse pas ρ forment un domaine comprenant un ou plusieurs morceaux, dont le volume est $f(\rho)$ (¹). Fragmentons E par le *procédé des réseaux* (²) en sous-ensembles $E_1, \ldots, E_i$, auxquels correspondent, par la construction précédente, les volumes $f_1(\rho), \ldots, f_i(\rho)$. Il peut arriver que, ρ *tendant vers zéro*, le volume provenant de chaque sous-ensemble ait une limite non nulle. L'ensemble proposé est alors de mesure non nulle et l'on peut dire que son *nombre dimensionnel* est n. Si chacun des volumes $f_1(\rho), \ldots, f_i(\rho)$ tend vers zéro, on peut examiner en particulier les deux cas suivants :

1° Celui pour lequel, si loin on pousse la fragmentation, les rapports $f_1 : f, \ldots, f_i : f$ ont des limites finies et non nulles. On peut alors dire que E est *partitif* et que les limites précédentes mesurent, *en termes de son étendue totale, les étendues* de ses divers fragments. On peut ainsi préciser sur E la notion de densité pour une distribution arbitraire.

2° Celui où les rapports précédents, sans avoir de limite, restent compris entre deux nombres positifs fixes. La notion d'étendue et celle de densité uniforme ne s'appliquent pas à ces ensembles, que nous appellerons *isodimensionnels*, mais la notion de répartition de *densité finie* subsiste. Cette catégorie englobe la précédente.

2. Exemples. — L'ensemble qui reste sur un segment unité lorsqu'on en enlève un segment de même milieu, de longueur $\lambda < 1$, qu'on effectue snr chaque segment restant la construction homothétique, qu'on enlève le segment médian obtenu, et qu'on répète ces ablations indéfiniment. Cet

---

(¹) L'idée d'utiliser $f(\rho)$ pour définir le nombre de dimensions d'un ensemble de points était connue de Cantor, mais ce savant n'a pas publié ses recherches dans cette direction. Cf. Lebesgue, *Leçons sur l'Intégration*, 1re édition, note (¹) de la page 37.

(²) Voir de la Vallée Poussin, *Intégrales de Lebesgue, fonctions d'ensemble* (Collection Borel), p. 61.

ensemble est *partitif* et a pour *nombre dimensionnel* $\frac{L2}{L\frac{2}{1-\lambda}}$, résultat qui s'obtient en évaluant l'ordre infinitésimal de $f(\rho)$ (¹).

Citons aussi l'ensemble obtenu en partant d'un carré, en effectuant sur deux côtés perpendiculaires la suite précédente d'ablations, et prenant les points du carré projetés aux points qui subsistent sur ces côtés. Cet ensemble est encore partitif et admet un nombre dimensionnel égal au double du précédent.

Enfin, on obtient un *ensemble isodimensionnel non partitif* en prenant $\lambda = \frac{1}{2}$ et associant l'ensemble déterminé à partir du carré précédent avec un segment de droite.

3. Propriétés des ensembles isodimensionnels. — 1° Soient, dans un premier espace euclidien à n dimensions, un ensemble isodimensionnel d'ordre α; dans un second espace euclidien à p dimensions, un ensemble analogue d'ordre β. Dans l'espace euclidien d'ordre $n+p$ obtenu en associant chaque point du premier espace et chaque point du second, nos ensembles engendrent un nouvel ensemble isodimensionnel d'ordre $\alpha+\beta$ (²).

2° Pour qu'un ensemble soit isodimensionnel d'ordre α, il faut et il suffit qu'on puisse y répartir des masses de somme finie, de manière que chaque sphère de rayon ρ, centrée en un point de E, admette précisément l'ordre infinitésimal α.

Remarque. — Un ensemble quelconque, auquel son $f(\rho)$ assigne un ordre inférieur à l'unité, est nécessairement discontinu; si l'ordre assigné est inférieur à deux, l'ensemble ne peut être engendré par une famille continue d'ensembles continus, etc.

4. Application a la théorie du potentiel. — Empruntons à M. Norbert Wiener la *notion de capacité* introduite avec tant de succès par ce géomètre dans l'étude du problème de Dirichlet (³). Supposons ce problème résolu

---

(¹) Tout infiniment petit n'a pas d'ordre. En général, il y a donc lieu de considérer, non un nombre, mais un *ordre* dimensionnel, en donnant au mot ordre le sens qu'il a également dans la locution *ordre de croissance* pour M. Émile Borel.

(²) Cela crée un rapprochement avec le *type dimensionnel* de M. Fréchet (*Math. Ann.*, t. 68, 1910, p. 145. Mais, alors que le type dimensionnel est invariant par le groupe complet de l'*analysis situs*, l'ordre dimensionnel l'est seulement par le groupe plus restreint des transformations ponctuelles conservant la rectificabilité.

(³) Massachusetts Institute of Technology : *Certain notions in potentiel theory*, march 1923, et *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1054). J'ai tiré également grand profit de la lecture d'un remarquable petit travail de M. O. D. Kellog, *An example in potentiel theory* (*Proceedings Amer. Acad.*, vol. 58, juin 1923).

pour un domaine D de frontière F, puis ajoutons à F un ensemble fermé E, intérieur à D et porteur de données continues ; nous avons un nouveau problème de Dirichlet. Pour qu'il ait même solution que l'ancien, *il faut et il suffit que l'ensemble* E *soit de capacité nulle*. Autrement dit : *les ensembles de capacité nulle, dans le problème de Dirichlet, ont le même rôle que ceux de mesure nulle dans l'intégration*. Pour qu'un ensemble soit de capacité nulle, il faut et il suffit que le potentiel d'une certaine répartition, de masse totale finie, devienne infini en tout point de cet ensemble. J'ai démontré ce théorème : soit un ensemble E *quelconque*, pouvant porter une répartition telle qu'une sphère de rayon ρ, centrée en un point de E, contienne une masse d'ordre précisément égal à α. Si l'on a partout $\alpha < n-2$, l'ensemble E est de capacité nulle. En particulier $n-2$ *est la borne inférieure des ensembles isodimensionnels de capacité non nulle*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Ostéites pianiques « Goundou »*, par Botreau-Roussel. (Présenté par M. F. Mesnil.)

2° *A.B.C. mycologique*, par P. Sevot. (Présenté par M. L. Mangin.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Déformation continue des surfaces, isométrie et applicabilité*. Note (¹) de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Voss a proposé d'appeler *isométriques* deux surfaces S, S_1, liées par une correspondance ponctuelle conservant les longueurs; *applicables*, celles qui, de plus, peuvent être réunies par une chaîne *continue* de surfaces isométriques $\Sigma(\lambda)$ dépendant du paramètre continu λ variant de λ_0 à λ_1, $\Sigma(\lambda_0)$ ou $\Sigma(\lambda_1)$ coïncidant avec S ou S_1.

M. Eugenio Elia Levi [2], sur les conseils de M. Bianchi, s'est proposé

---

[1] Séance du 12 janvier 1925.

[2] *Atti dell' Accademia de Torino*, vol. 43, 1907-1908, p. 292-302. — Voir aussi Bianchi, *Leçons de Géométrie différentielle*, 3e édition, t. 1, p. 322 et 373-376.

de prouver que deux surfaces S, S_1 isométriques sont effectivement *applicables*, si elles sont à courbure *négative*; mais que, si elles sont à courbure *positive*, deux cas se présentent, et deux seulement, l'un excluant l'autre : S'_1 étant la symétrique de S_1 relativement à un plan, S, bien entendu, est isométrique simultanément à S_1 et S'_1, mais applicable sur l'une d'elles à l'exclusion de l'autre. L'exposé élégant de M. Levi, tout à fait rigoureux dans le cas de la courbure négative, a besoin d'être complété dans le cas de la courbure positive, en raison des circonstances que j'ai été le premier à signaler dans le cas de recouvrement partiel de deux surfaces isométriques ou applicables [1]; le résultat, en tout cas, reste celui que M. Levi a prévu.

2. Je résume l'exposé de M. Levi pour le cas de la courbure négative; on sait que, deux courbes C et Γ étant tracées sur une surface S à courbure négative, sécantes et non tangentes en O, il existe un seul couple de deux surfaces symétriques S_1, S'_1, isométriques à S, admettant comme asymptotiques particulières les lignes homologues de C et Γ. Cela posé, S et S_1 étant deux surfaces isométriques connues à courbure négative, soient O un point de S, C et Γ les deux asymptotiques de S issues de O; traçons sur S les courbes homologues des deux asymptotiques issues sur S_1, de l'homologue O_1 de O; l'une des asymptotiques issues de O_1 a même torsion en *grandeur et signe* que C; choisissons les notations de sorte que C_1 soit la courbe de S homologue de cette asymptotique, Γ_1 l'homologue de l'autre. Imaginons une courbe $C(\lambda)$ se déplaçant d'une façon continue sur S depuis C pour $\lambda = \lambda_0$ jusqu'à C_1 pour $\lambda = \lambda_1$, une courbe $\Gamma(\lambda)$ analogue se réduisant à Γ pour $\lambda = \lambda_0$, à Γ_1 pour $\lambda = \lambda_1$. Le théorème donne, pour chaque couple $C(\lambda)$, $\Gamma(\lambda)$ un couple de deux surfaces : suivons, par continuité, la déformation de celle, $\Sigma(\lambda)$, qui, pour $\lambda = \lambda_0$, coïncide avec S; nous arrivons pour $\lambda = \lambda_1$ à S_1; au contraire, si la courbe $C(\lambda)$ avait varié, par continuité, depuis C jusqu'à Γ_1, et $\Gamma(\lambda)$ depuis Γ jusqu'à C_1, nous partirions de S pour arriver à la symétrie de S_1.

3. Considérons maintenant une surface S, à courbure totale γ positive. Soit une courbe C de S, dont le rayon de courbure R n'est jamais ni nul ni infini, le plan osculateur jamais tangent ni normal à S; un sens de parcours positif choisi sur C donne en chaque point M le trièdre de Serret-Frenet MT, MN, MB; la normale MA à S est dans le plan MNB, orienté de MN

[1] *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. 44, 1920, p. 65, et t. 45, 1921, p. 137.

vers MB et l'angle $\theta = (MN, MA)$ peut être ramené entre o et π; au cours d'une déformation *quelconque* de S, l'angle θ ne pourra jamais devenir égal à o ou π, puisque le rayon de courbure géodésique ρ de C n'est jamais nul; le long de C, sur S, θ reste constamment soit *aigu*, soit *obtus*; on peut imaginer sur S, de part et d'autre de C, des courbes voisines de C, ne se rencontrant pas mutuellement (par exemple, une famille de courbes géodésiquement parallèles à C); sur chacune de ces courbes, on fixe le sens de parcours positif résultant par continuité de celui de C; toutes donnent, en chaque point, un angle θ de même espèce que pour C (aigu, ou obtus). Sur la surface isométrique S_1 traçons les courbes C_1 et voisines, homologues de C et voisines : on définit ainsi par les mêmes constructions un angle θ_1 tel que le long de C et C_1 on ait

$$\frac{\sin\theta}{R} = \frac{\sin\theta_1}{R_1} = \frac{1}{\rho}.$$

Deux cas sont à distinguer suivant que θ et θ_1 sont tous deux de la même espèce (aigu, par exemple) ou l'un θ aigu, l'autre θ_1 obtus. Si θ et θ_1 sont aigus tous deux, construisons une courbe $C(\lambda)$ de rayon de courbure $R(\lambda)$ égal à $\frac{R + \lambda R_1}{1 + \lambda}$ et de rayon de torsion $T(\lambda)$ fonction de λ se réduisant pour $\lambda = 0$ à T et pour $\lambda = \infty$ à T_1; on calcule l'angle aigu $\theta(\lambda)$ tel que $\frac{\sin\theta(\lambda)}{R(\lambda)}$ soit égal à $\frac{1}{\rho}$ et nous définissons ainsi la surface $\Sigma(\lambda)$ isométrique à S ou S_1, $C(\lambda)$ étant l'homologue de C; $\Sigma(\lambda)$ est unique, réelle, se réduit pour $\lambda = 0$ à S et pour $\lambda = \infty$ à S_1. Si θ est aigu, θ_1 obtus, on voit que, si en un point M de C, on construit la surface S' symétrique de S par rapport au plan MTN, θ est remplacé par $\pi - \theta$, de sorte que S' peut s'appliquer sur S_1.

4. Le caractère d'impossibilité invoqué par M. Levi si θ est aigu, θ_1 obtus, est que $\theta(\lambda)$ ne peut passer de θ à θ_1 qu'en traversant la valeur $\frac{\pi}{2}$, auquel cas la courbe C doit ou devenir tangente à une asymptotique, si cela a lieu pour une seule valeur de l'arc s de M, soit asymptotique si cela a lieu, quel que soit s, pour une valeur de λ. *Or une surface à courbure totale positive n'a de direction asymptotique réelle*, en aucun point, dit M. Levi. Or j'ai montré dans les Mémoires cités qu'une courbe C, *quelconque*, tracée sur S (à courbure positive ou négative) peut, sous la forme C', devenir *asymptotique singulière*, et *arête de rebroussement* d'une surface S' isométrique à S; il suffit que C' ait, pour rayon de courbure, ρ, rayon de courbure géodésique

de C, et pour rayon de torsion T, une fonction différente de $\sqrt{\frac{-1}{\gamma}}$. La surface S′ se compose de deux nappes séparées par C′, isométriques toutes deux de la *région de convexité géodésique de* C *sur* S; j'entends par là la région où circulent, au voisinage de C sur S, les géodésiques tangentes à C; ces deux nappes sont isométriques entre elles, mais non applicables; une seule est applicable sur la région de convexité géodésique de C sur S. Quand on essaie de faire passer l'angle $\theta(\lambda)$ par la valeur critique $\frac{\pi}{2}$, la surface S, suivie par continuité, se trouve en quelque sorte rongée suivant une ligne, située dans la région concave de C, qui vient coïncider avec C tout entière si $\theta(\lambda)$ est devenu égal à $\frac{\pi}{2}$ tout le long de C, ou qui vient toucher C en un point unique, si $\theta(\lambda)$ ne devient égal à $\frac{\pi}{2}$ qu'en ce point. Ici pour l'asymptotique *singulière*, on n'a plus, comme plus haut pour l'asymptotique *régulière* $\left(T = \sqrt{\frac{-1}{\gamma}}\right)$, faculté de déformer la surface autour de l'asymptotique indéformable. De toutes façons l'effort fait pour appliquer S sur S_1 échoue si les angles θ et θ_1 sont d'espèces différentes et les courbures totales positives. Avec une déformation de surface de révolution en surface de révolution, C étant un parallèle, le lecteur a un exemple simple permettant de suivre et contrôler mes résultats.

Enfin si S et S_1 sont à courbures positives, réelles et de plus *analytiques*, on peut néanmoins, comme au paragraphe 2, trouver une chaîne continue de surfaces entre S et S_1, mais une partie de la chaîne se compose de surfaces imaginaires.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE. — *Nouvelle méthode pour la détermination des prix de revient et la tarification des transports par chemins de fer.* Note (¹) de Mlle **Thérèse Leroy**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Poursuivant depuis 1916 l'étude scientifique des prix de revient des transports par chemins de fer, j'ai établi (²), d'après l'analyse des résultats d'exploitation de la Compagnie de l'Est (1900 à 1913), une nouvelle mé-

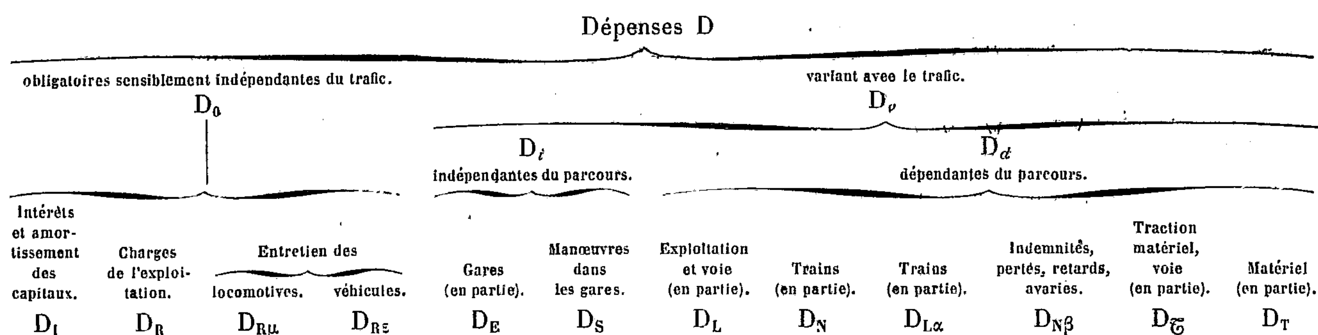
(¹) Séance du 12 janvier 1925.

(²) Voir Th. Leroy, *Essai mathématique sur les prix de revient des transports par chemins de fer*, 1919, Gauthier-Villars, éditeur.

thode pour leur calcul. Corrigée et développée, elle vient d'être contrôlée par l'étude de la rotation du matériel et des résultats de la Compagnie d'Orléans (même période).

J'ai comparé méthodiquement les variations annuelles simultanées des éléments représentatifs du trafic (¹), au cours de cette période, et celles des dépenses de toute nature, en examinant chacun des articles (55 environ) énumérés dans les statistiques officielles. L'analyse plus détaillée (²) des dépenses masquerait les lois générales permettant seules d'établir des formules rationnelles.

J'ai reconnu que *chacun des articles de dépense est fonction d'un élément déterminé du trafic ou de deux ou trois seulement*, affectés, le cas échéant, de coefficients empiriques faciles à déterminer. Les articles, fonctions de deux ou trois éléments, sont décomposés en parties correspondantes, par des



ces dépenses se répartissent entre les différents trafics (voyageurs, accessoires G. V., P. V.) proportionnellement aux parts respectives des éléments ci-après :

Dépenses variant avec le trafic.				Nombre des expéditions.	Tonnage brut remorqué.	Parcours des trains.	Nombre d'expéditions kilométriques.	Parcours des trains.	Nombre d'expéditions kilométriques.	Travail mécanique.	Tonnage kilométrique net.
D_ν	D_ν	$D_\nu\mu$ (³)	$D_\nu\varepsilon$ (³)	E	S	L	N	$L\alpha$ (³)	$N\beta$ (³)	$\mathfrak{T}$	T

les unités suivantes des dépenses sont les quotients du montant de chaque catégorie par son élément répartiteur :

j	q	m	w	a	b	c	f	c'	f'	u	g

(¹) Nombre des expéditions; tonnage net; nombre des expéditions kilométriques ou parcours total des expéditions, tonnage kilométrique net; tonnages bruts, remorqué et total; parcours et tonnages kilométriques bruts, remorqué et total, des trains; travail mécanique total développé, etc.

(²) Consulter les Rapports de MM. HARRISON, O'DUNN, HENRY-GREARD, *Congrès de l'Association internationale des chemins de fer*, Bull. vol. 4, 1922, p. 588.

(³) Coefficients empiriques.

procédés mathématiques. En réunissant les articles et parties d'articles, fonctions d'un même élément, on obtient 12 catégories de dépenses groupées en 3 classes, indiquées au tableau ci-contre. Cette classification paraît applicable à un réseau quelconque, et même à une ligne isolément.

Les dépenses de chacune des trois divisions du trafic : Voyageurs, Accessoires de Grande Vitesse, Petite Vitesse, et les prix de revient des trains se calculent, avec une approximation suffisante pour la pratique, par des formules à 12 termes correspondant aux 12 catégories. Les termes sont de la forme : $\frac{D_T \times T_3}{T}$ ou gT_3 dans le premier cas (T_3 part de l'élément T correspondant au trafic de Petite Vitesse) ou gt dans le deuxième cas (t part de T_3 correspondant au train).

Il est possible désormais, pour chaque trafic : 1° d'établir le bilan (avant-guerre il y avait déficit en Grande Vitesse, bénéfice en Petite Vitesse) ; 2° d'évaluer les taux des variations d'ensemble à faire subir aux tarifs pour balancer dépenses et recettes.

Les relations empiriques, établies entre les prix de revient des *unités moyennes* des trafics, sont essentiellement variables avec l'époque et la nature des exploitations ; ceci explique l'échec des anciens essais (1) basés sur l'égalité du prix de transport à 1^{km} de 1 voyageur (G.V.) ou de 1 tonne de marchandises (P.V.).

Complétant l'analyse, j'exprime le prix de revient d'un transport quelconque, en faisant intervenir : 1° les coefficients théoriques — empiriquement calculés — d'utilisation des trains, en fonction du poids et du parcours; 2° une décomposition de la part des charges D_0, attribuée à chaque trafic au prorata des dépenses variables D_v, entre les transports d'un trafic, d'après l'usage relatif que chacun fait des installations (voies, matériel, etc.).

Il en résulte une conception nouvelle de la tarification, dont les éléments (taxes d'enregistrement, de manutention, d'assurance, tarifs proprement dits) correspondent aux diverses parties du prix de revient. Pour le trafic de Petite Vitesse, j'ai établi une *gamme systématique* de tarifs. Le barème — à base kilométrique décroissant avec la distance — correspondant au prix donné, en fonction du parcours, par mes formules, pour le transport d'une

(1) *Ann. Ponts et Chaussées :* 1875, t. 6, p. 543, et 1883, t. 10, p. 422; CH. BAUME; — 1886, t. 11, p. 292; W. NORDLING; — 1887, t. 14, p. 682; NOBLEMAIRE; — 1887, t. 14, p. 142, et 1888, t. 15, p. 534; RICOUR. — *Ann. Mines :* 1887, t. 12, p. 319 et 267; NOBLEMAIRE, RICOUR.

tonne et pour une expédition de poids moyen, est le tarif de *coefficient nominal* 1 *ou tarif de base*. Par le jeu de lois numériques très simples [1], j'en déduis une série de tarifs, applicables aux marchandises, classées d'après leur valeur moyenne à la tonne. De la seule indication du coefficient nominal d'un tarif découle son barème. Cette tarification représente la synthèse théorique des résultats d'une pratique de 80 ans d'exploitation des chemins de fer.

MÉCANIQUE. — *Moteur Andreau.* Note [2] de M. **Andreau**, présentée par M. J.-L. Breton.

Le but principal de ce moteur est de permettre une grande économie de carburant. Dans ce but nous nous sommes attaché à réaliser une solution mécanique pratique, pour le cycle complet à explosions, tel qu'il avait été utilisé par Atkinson en 1882.

Cycle employé. — Le cycle usuel ou cycle de Beau de Rochas présente quelques défauts qui réduisent le rendement :

1° Les gaz brûlés ne sont pas complètement évacués ;

2° La détente est égale à la compression.

Dans le cycle complet :

Les gaz brûlés sont évacués complètement. Des gaz frais sont aspirés puis comprimés à un taux de compression choisi. Ils sont ensuite allumés et détendus de manière que leur pression d'évacuation soit de 100^g à 200^g au-dessus de la pression atmosphérique et évacués à l'extérieur.

Nous allons examiner rapidement les caractéristiques d'un cycle de cette nature.

Admission. — La charge de gaz frais qui n'est pas dilatée par son mélange avec les gaz brûlés résiduels pèse environ 28 pour 100 de plus que dans un moteur ordinaire, toutes choses égales.

Compression. — La température en fin de compression est plus faible et l'on peut adopter des taux de compression plus élevés. Dans le moteur d'essais une marche régulière a été obtenue à l'essence avec 5 environ comme taux de compression, alors que 4,5 semble la limite pour un moteur normal.

---

(1) Voir Th. Leroy, *Esquisse d'une tarification résultant de la connaissance du prix de revient* (Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, 1923).

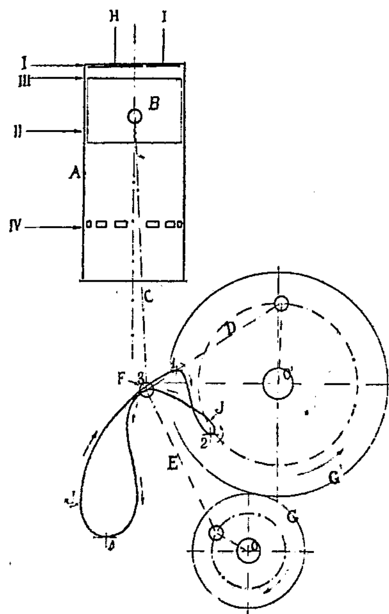
(2) Séance du 19 janvier 1925.

Combustion. — Étant donnée l'absence de gaz brûlés la combustion est plus complète et ceci se traduit par une plus forte pression d'explosion. On a relevé dans le moteur d'essais à l'acromètre des pressions de 28 à 30^{kg} par centimètre carré. La faible cylindrée de ce moteur aurait permis en moteur ordinaire pour un même taux de compression des pressions maxima de 18 à 20^{kg}.

Détente. — Celle-ci est prolongée. Par exemple si l'on admet 5 comme taux de compression, le taux de détente est 12,5 environ (cas du moteur d'essais).

Évacuation. — On a prévu un échappement à fond de course et une large soupape au sommet du cylindre. Cette disposition permet l'échappement complet à allure élevée sans contre-pression notable. La température des gaz après leur sortie a été trouvée de 150° au bas du cylindre et de 325 en haut.

Réalisation mécanique. — La disposition mécanique adoptée est la suivante :



Un cylindre A comporte un piston B commandé par une bielle ordinaire.

Un vilebrequin d'axe O, tournant dans le sens de la flèche, entraîne à demi-vitesse un vilebrequin O′ tournant en sens inverse. C'est en somme l'ancien arbre à cames et il peut naturellement servir à la distribution.

La tête de bielle F est articulée sur deux biellettes D et E qui servent de liaisons avec les vilebrequins O et O′.

Si l'on fait tourner un tel ensemble on constate que l'articulation triple F décrit une courbe telle que J, dans le sens des flèches. Il existe un grand nombre de courbes J, suivant les dimensions relatives choisies, les calages angulaires des vilebrequins, etc.

Lorsque F est en 1, le piston est en I à fond de course. De 1 à 2, admission, le piston passe en II. De 2 à 3, compression, le piston passe en III. De 3 à 4, détente, le piston passe en IV, c'est la course de travail. De 4 à 1, échappement, le piston revient en I.

On peut faire les remarques suivantes :

1° Pendant la course de travail, la bielle C s'écarte peu de l'axe du cylindre, le piston devient un simple organe d'étanchéité et ses frottements sont réduits aux frottements des segments.

2° La bielle C travaille au bout, la biellette D travaille à l'extension pendant la détente, la biellette E est courte, grâce à ces conditions favorables le poids du piston et de l'embiellage n'est pas sensiblement plus élevé que dans un moteur ordinaire.

3° La durée du temps moteur est de $\frac{1}{6}$ de la durée d'un cycle au lieu de $\frac{1}{8}$, d'où une plus grande régularité de l'action motrice.

4° Par changement du calage des deux arbres on peut faire varier dans d'assez larges limites les taux de compression et de détente, donc adapter un même moteur à divers combustibles.

Essais. — Des essais très complets ont fait ressortir les résultats suivants :

1° Consommation minima 195^g d'essence par cheval-heure.

2° Puissance maxima par litre de cylindrée à 1000 tours 10,15 chevaux. On prend pour volume de la cylindrée le volume balayé par le piston pendant la course d'admission.

3° Évacuation de calories : 12,5 calories par cheval et par minute.

Le fonctionnement mécanique du moteur a été correct à toutes les allures (de 800 à 1250 tours par minute) avec grande facilité de départ et très bon ralenti.

Des mesures effectuées en entraînant le moteur à l'aide d'un électromoteur ont conduit à estimer que le rendement organique du moteur est 0,75. Le rendement thermodynamique indiqué dépasse donc 0,40, chiffre très élevé.

Comme résumé des essais on peut établir comme suit la ventilation de 100 calories fournies au moteur par combustion de l'essence,

Calories équivalent au travail disponible sur l'arbre...........	30,6
» » » perdu par frottement...........	10,1
Calories perdues par la paroi..	36,3
» » par la chaleur sensible des gaz de l'échappement, radiation et conversion......................	23,0
	100,0

Conclusions. — Ces résultats sont encourageants et la réduction de la quantité de chaleur à évacuer du moteur semble rendre possible la réfrigération par l'air.

Des moteurs industriels monocylindriques sont réalisés et vont commencer leurs essais.

Des études sont en cours pour la construction de moteurs polycylindriques pour camions poids lourds et pour bateaux.

Il faut remarquer d'ailleurs que le cycle de ce moteur est applicable aux moteurs semi-Diesel et Diesel et par conséquent aux moteurs utilisant les huiles brutes.

ÉLASTICITÉ. — *Solution du problème de la plaque rectangulaire* épaisse *encastrée ou posée, portant une charge uniformément répartie ou concentrée en son centre.* Note de M. **Carl A. Garabedian**, présentée par M. Mesnager.

J'ai déjà donné une solution du problème de la plaque rectangulaire *épaisse* posée, dans le cas d'une charge uniformément répartie [1], mais à cette époque je n'avais fait les calculs ni pour la plaque posée chargée au centre, ni pour la plaque encastrée portant une charge uniforme ou centrale. Comme ce sont là les quatre problèmes auxquels s'intéressent surtout les ingénieurs, il m'a paru utile de vérifier qu'en suivant la marche que j'ai esquissée dans la Note citée on peut arriver à des solutions précises dans ces autres cas.

En conservant les notations que j'ai déjà employées [2], je désigne par w'_{0b} ce qui est la solution du problème de la plaque mince, c'est-à-dire la solution de l'équation $\nabla\nabla w'_{0b} = -\frac{p}{D}$, les notations ici et dans

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 619.

[2] *Transactions Amer. Math. Soc.*, t. 25, n° 3, 1923, p. 343.

la suite venant aussi de Lowe (1). Si l'on comprend donc par w_{0b} une formule rigoureuse de la plaque mince encastrée uniformément chargée, on obtient pour la plaque *épaisse* correspondante ($x = \pm a$, $y = \pm b$, $z = \pm h$) les déplacements suivants :

$$(1\,a) \qquad u = -\frac{\partial w_{0b}}{\partial x} z - \frac{1}{6(1-\sigma)}[6h^2 z - (2-\sigma) z^3] \frac{\partial}{\partial x} \nabla w_{0b};$$

(1 *b*) v se déduit de u par permutation des axes;

$$(1\,c) \qquad w = w_{0b} + \frac{\sigma z^2}{2(1-\sigma)} \nabla w_{0b} - \frac{p}{24(1-\sigma)^2 D}[8(1-2\sigma)h^3 z + 6h^2 z^2 - (1-\sigma^2) z^4].$$

Et pour la plaque épaisse posée uniformément chargée, les déplacements peuvent s'écrire :

$$(2\,a) \quad u = -\frac{\partial w_{0b}}{\partial x} z + \frac{\sigma p h^3 x}{3(1-\sigma^2) D} - \frac{1}{30(1-\sigma)}[3(2+3\sigma)h^2 z - 5(2-\sigma) z^3] \frac{\partial}{\partial x} \nabla w_{0b};$$

(2 *b*) v se déduit de u par permutation des axes;

$$(2\,c) \qquad w = w_{0b} - \frac{1}{10(1-\sigma)}[(8-3\sigma)h^2 - 5\sigma z^2] \nabla w_{0b}$$
$$- \frac{p}{120(1-\sigma^2) D}[40 h^3 z + 6(5-3\sigma)(1+\sigma) h^2 z^2 - 5(1+\sigma)^2 z^4].$$

Quant aux efforts divers, on les calcule facilement à l'aide des déplacements, si besoin est.

Pour arriver aux formules dans le cas d'une charge centrale (2), on n'a qu'à employer le w_{0b} qui convient au problème (voir ci-dessous) en faisant remarquer que cela entraîne $p = 0$, ce qui équivaut à supprimer en u, v, w les termes dans lesquels paraît explicitement la lettre p.

Ainsi il nous faut en premier lieu les formules de la plaque mince dans les quatre cas à l'étude. Je rappelle que M. Hencky les a données toutes entières dans sa thèse (3). On n'a qu'à faire observer que l'épaisseur de la plaque considérée par M. Hencky est h (non $2h$ comme je l'ai désigné).

---

(1) Lowe, *The Mathematical Theory of Elasticity*, Cambridge, 1920.

(2) Touchant le cas de la plaque épaisse posée chargée en son centre, je dois signaler la solution de ce problème qu'a déjà donnée M. Mesnager (*Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 721; et t. 165, 1917, p. 551).

(3) H. Hencky, *Der Spannungszustand in rechteckigen Platten*, Darmstadt, 1913; R. Oldenbourg, München und Berlin. Dans le cas d'une charge centrale, M. Hencky s'est borné aux calculs des plaques carrées, mais ses méthodes peuvent parfaitement s'appliquer à des plaques non carrées.

Avec ce changement, on est libre de substituer à w_{0b} dans les formules ci-dessus les solutions assez rapidement convergentes de M. Hencky.

Bien entendu on peut employer indifféremment pour w_{0b} d'autres solutions que celles de M. Hencky. A cet égard je tiens à signaler les travaux de M. Mesnager (¹) et de M. March (²), mais je ne peux pas répondre ici d'un inventaire de toutes les nombreuses solutions qui ont été données pour la plaque mince rectangulaire. En tout cas, on reconnaît que les quatre formules sur les plaques rectangulaires épaisses qui sont de première importance pour les ingénieurs sont actuellement établies sous une forme qui en permet l'utilisation pratique. Remarquons que chacune peut s'écrire avec concision au moyen de la solution de la plaque mince correspondante et ses dérivées.

Remarques. — Notons premièrement que ces quatre solutions sont exactement analogues aux solutions que j'ai données, il y a deux ans, pour la plaque circulaire épaisse (³). D'ailleurs on constate pour les plaques rectangulaires épaisses certains faits qui sont vrais également pour les plaques circulaire épaisses.

a. Pour la plaque encastrée, on a $w(x, y, 0) = w_{0b}$; ce qui revient à dire que la formule de la plaque mince qui a été jusqu'à présent employée faute de mieux, est justement l'expression du feuillet moyen. Il n'en est pas de même pour la plaque posée; ici on trouve $w(x, y, 0) = w_{0b} +$ un terme correctif de l'ordre de h^2.

b. Soit que la plaque soit encastrée, soit qu'elle soit chargée au centre, il vient : $u(x, y, 0) = v(x, y, 0) = 0$. C'est seulement dans le cas de la plaque posée uniformément chargée que le feuillet moyen subit une extension dans la direction du plan de la plaque. En effet, les formules montrent ici que l'allongement du feuillet moyen est uniforme et de l'ordre de h^3.

J'ai déjà dit que mes solutions (et par conséquent les remarques *a* et *b* ci-dessus) supposent toujours une répartition parabolique des réactions dont il serait intéressant d'étudier l'influence. De plus j'ai mentionné que la méthode s'étend théoriquement à des plaques d'épaisseur variable.

(¹) *Comptes rendus*, t. **162**, 1916, p. 165; t. **169**, 1919, p. 1081.

(²) H. W. March, *Bulletin Amer. Math. Soc.*, t. **30**, 1924, p. 224.

(³) *Transactions Amer. Math. Soc.*, tome déja cité, p. 379-388.

AVIATION. — *Étude théorique du vol sans moteur dans un vent horizontal variable.* Note de M. A. ALAYRAC, présentée par M. G. Kœnigs.

M. Idrac ([1]) étudie théoriquement le vol par vent croissant avec l'altitude en admettant, comme critérium de la possibilité du vol, la condition $\int dv > 0$.

J'ai employé une méthode générale d'étude du vol dans un vent horizontal variable qui s'applique à ce cas particulier et paraît le résoudre avec plus de précision.

J'étudie d'abord le vol dans un vent horizontal de vitesse variable en fonction du temps seul. Le mouvement relatif, par rapport à des axes liés au vent, se traite comme le problème du vol plané en atmosphère calme, en adjoignant aux forces appliquées la force $m W'_t$, parallèle à l'accélération du vent et de sens contraire. Dans un vent croissant d'accélération constante, il existera donc un mouvement de régime rectiligne et uniforme de pente $\gamma - \beta$ en posant $\operatorname{tang} \gamma = \frac{W'_t}{g}$ et $\operatorname{tang} \beta = \frac{R_x}{R_z}$, ascendant, si $\gamma - \beta > 0$ donc si

$$W'_t > g \frac{R_x}{R_z}.$$

Pour un vol oblique à la direction de l'accélération l'équation $\gamma - \beta = u$ est remplacée par

$$\sin \beta = \cos \alpha \sin \gamma \cos u - \cos \gamma \sin u.$$

En volant vent debout pendant les périodes croissantes, vent arrière pendant les périodes décroissantes, c'est-à-dire toujours en sens inverse de l'accélération, l'oiseau pourra se maintenir si les montées compensent les descentes pendant les changements de direction. Cette méthode d'étude ne s'applique qu'aux oscillations d'assez longue période pour que le mouvement de régime ait le temps de s'établir. D'après les expériences récentes, il est probable que l'accélération moyenne des périodes de longue durée est trop faible pour permettre ce genre de vol.

J'ai appliqué une méthode analogue à l'étude du vol dans un vent horizontal de direction constante Ox et de vitesse fonction linéaire de y, z et t. Mais comme le déplacement de l'atmosphère n'est plus un déplacement sans déformation, je n'ai pas pu appliquer directement les théorèmes du mouve-

([1]) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1136.

ment relatif. J'ai rapporté le mouvement à des axes mobiles, animés à l'instant t de la vitesse du vent au point où passe le mobile à cet instant; j'ai supposé d'autre part *a priori* que le mouvement par rapport à ces axes était rectiligne et uniforme, et j'ai montré qu'en donnant à l'appareil une inclinaison constante telle que les forces soient ramenées dans le plan de symétrie, ce mouvement était possible.

La vitesse du vent étant

$$w = w_0 + w'_y y + w'_z z + w'_t t,$$

l'accélération d'entraînement des axes mobiles sera

$$\frac{dw}{dt} = w'_y \frac{dy}{dt} + w'_z \frac{dz}{dt} + w'_t$$

et, d'après l'hypothèse faite *a priori*, si j'appelle u la pente de la trajectoire relative,

$$\frac{dy}{dt} = \mathrm{V} \cos u \sin \alpha, \qquad \frac{dz}{dt} = \mathrm{V} \sin u.$$

J'écris que les forces P, $-m\frac{dw}{dt}$ et la résistance de l'air se font équilibre.

La pente u est obtenue en éliminant γ entre les deux équations

$$\frac{\sin\gamma}{\sqrt{\cos\gamma}} = \frac{\mathrm{V}_0}{g}(w'_y \sin\alpha \cos u + w'_z \sin u) + \frac{w'_t}{g}\sqrt{\cos\gamma},$$

$$\sin\beta = \cos\alpha \sin\gamma \cos u - \cos\gamma \sin u,$$

V_0 étant la vitesse du vol plané en air calme $\sqrt{\frac{\mathrm{P}}{\mathrm{R}}}$, α l'azimut du vol. La vitesse suivant la trajectoire relative sera $\mathrm{V} = \mathrm{V}_0\sqrt{\cos\gamma}$.

Le cas signalé par M. Idrac est le cas particulier $w'_y = w'_t = 0$.

L'azimut le plus favorable est $\alpha = 0$ et les équations deviennent

$$\frac{\sin\gamma}{\sqrt{\cos\gamma}} = \frac{\mathrm{V}_0}{g} w'_z \sin u, \qquad u = \gamma - \beta.$$

Le minimum de la fonction $\frac{\sin\gamma}{\sqrt{\cos\gamma}\sin(\gamma-\beta)}$ est obtenu pour $\gamma = \gamma_m$, racine de $\operatorname{tang}^3\gamma - 3\operatorname{tang}\beta\operatorname{tang}^2\gamma - 2\operatorname{tang}\beta$ et la condition de possibilité du vol sans moteur sera

$$\mathrm{V}_0 w'_z > g\frac{\operatorname{tang}\gamma_m\sqrt{\cos\gamma_m}}{\sin(\gamma_m - \beta)}$$

$\left(\text{pour } \operatorname{tang}\beta = \frac{1}{13}, \operatorname{tang}\gamma_m = 0{,}6 \text{ et le minimum est égal à } 12{,}4\right)$.

L'angle d'attaque le plus favorable pour la montée est l'angle optimum. Un oiseau lourd, donc de grande vitesse de vol plané, pourra donc utiliser pour la montée un gradient faible. La pente de montée sera d'autant plus forte que le gradient sera plus faible. La descente pourra se faire vent arrière sous une pente $\beta - \gamma'$, γ' étant solution de $\frac{\sin\gamma'}{\sqrt{\cos\gamma'}\sin(\beta - \gamma')} = \frac{V_0 w'_z}{g}$ et sous un angle d'attaque plus faible pour arriver au bas de la course avec une vitesse supérieure à la vitesse nécessaire à la montée, ou bien avec vent latéral, en inclinant l'appareil de l'angle γ autour de l'axe de roulis. Dans ce cas, la pente est donnée par

$$\sin u = \frac{\sin\beta}{\cos\gamma}.$$

Les trajectoires par rapport au sol sont des paraboles; la grandeur de la vitesse du vent au sol a une influence sur la forme de ces trajectoires, mais n'a aucune influence sur les conditions de possibilité du vol.

ASTRONOMIE. — *Sur l'éclipse de Soleil du 24 janvier 1925 observée à l'Observatoire de Strasbourg.* Note de M. **Ernest Esclangon.**

L'éclipse de Soleil du 24 janvier 1925 a pu être observée dans de bonnes conditions à l'Observatoire de Strasbourg. Il pleuvait un quart d'heure avant le début du phénomène; trois minutes avant l'heure calculée pour le premier contact, de gros nuages passaient encore sur le disque solaire; puis, brusquement, une éclaircie s'est produite qui s'est maintenue jusqu'au coucher du Soleil.

L'éclipse a été suivie au grand équatorial par M. Rougier; à l'équatorial de 162^{mm} par Mlle Calvet et M. Esclangon.

L'heure calculée pour le premier contact était, pour Strasbourg, $15^h 3^m 47^s$. M. Esclangon et Mlle Calvet ont noté $15^h 3^m 45^s$ (t. m. Gr.).

Immédiatement après le premier contact et dans les dix premières minutes, ces deux observateurs ont procédé à des mesures micrométriques sur la corde des contacts, en notant la longueur de la corde en fonction du temps. Cette méthode est, comme on sait, bien plus précise que l'observation unique des contacts, d'abord parce que celle-ci est toujours assez incertaine, surtout pour le début du phénomène, ensuite parce que la mesure des cordes permet l'accumulation de données concourant à la précision du résultat.

Pendant les cinq premières minutes (cela dépend des conditions de

l'éclipse), la corde y s'exprime très exactement, en fonction du temps, par une relation de la forme

$$y = a\sqrt{t - t_0},$$

y étant exprimé en secondes d'arc par exemple, $(t - t_0)$ en secondes de temps.

La comparaison de données multiples y correspondant aux données t permet d'obtenir les constantes a et t_0, t_0 étant l'heure du contact.

Les mesures faites par M. Esclangon et Mlle Calvet donnent ainsi pour le premier contact

$$a = 42''13, \qquad t_0 = 15^h 3^m 42^s.$$

Voici la comparaison entre la formule représentative et le calcul :

$t = t_0$.	y.	y observé.	Rapport de la corde au diamètre.
s	''	''	
49	295	293	0,15
92	404	402	0,21
163	538	549	0,28
242	655	656	0,34
303	733	734	0,38
343	780	775	0,40
516	957	937	0,48

Jusqu'à 5 minutes après le premier contact, la représentation parabolique comporte une approximation supérieure aux erreurs d'observation qui sont largement de l'ordre de la seconde d'arc. Mais, en se limitant à cet intervalle, la représentation des résultats par la formule indiquée fournit l'instant du contact t_0 à une seconde près. Toutefois, il ne faut pas oublier que le résultat est fonction de l'objectif employé en raison de l'effet variable (d'un instrument à l'autre) de la diffraction et de l'irradiation, et même d'erreurs systématiques pouvant provenir de la manière de pointer les extrémités des cordes.

A l'équatorial de 50^cm, M. Rougier n'a aperçu la morsure de la Lune qu'à $15^h 3^m 49^s$, mais avec l'impression d'un fort retard qu'il a apprécié devoir être d'environ 13 secondes. Il a fait également des mesures de cordes qui, concordantes, conduisent pour l'instant du premier contact à $15^h 3^m 32^s$. L'écart existant entre cette donnée et le nombre obtenu par M. Esclangon et Mlle Calvet doit être attribué à une erreur systématique ayant l'une des origines indiquées plus haut.

La moyenne des deux résultats $15^h 3^m 37^s$ accuserait un léger retard sur le nombre fourni par le calcul concernant l'heure du premier contact.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observation de jets protubérantiels remarquables, faite à l'Observatoire de Meudon, le 24 janvier 1925, avant l'éclipse de Soleil.* Note de M. **L. d'Azambuja**, présentée par M. Deslandres.

Le 24 janvier, nous nous étions proposé, à Meudon, de faire, pendant toute la journée, une série aussi continue que possible de spectrohéliogrammes du calcium (K_3) et de l'hydrogène (H_α), qui pourraient éventuellement fournir d'utiles renseignements aux observateurs ayant opéré dans la zone de totalité. Le ciel, très pur le matin, s'est couvert à $12^h 30^m$ (T. M. G.), avant le commencement de l'éclipse.

Parmi les clichés obtenus, une épreuve du bord solaire, faite à $11^h 10^m$, avec la raie K_3 du calcium, a révélé l'existence, dans le quadrant nord-ouest, d'un groupe de minces jets protubérantiels en forme d'éventail et issus d'une même région du bord. Le jet principal atteignait une hauteur de $3',5$, soit le $\frac{1}{5}$ du rayon solaire. Peu intense, presque rectiligne, il formait, dans le plan du contour apparent, un angle de $45°$ environ, vers le Nord, avec la normale à la surface. La latitude de sa base était $31°$ N. Il avait dû se développer très rapidement car l'épreuve du spectroenregistreur, obtenue à $10^h 40^m$ ne montrait, à la même latitude, qu'un jet beaucoup plus court, animé de vitesses radiales supérieures à 50^{km} par seconde, mais orienté différemment. Une nouvelle épreuve, faite à $12^h 20^m$, ne présentait plus aucune trace des jets.

Par sa brièveté, ce phénomène a pu échapper à d'autres observateurs. Or il décèle une activité particulière de la région, occupée par une plage faculaire étendue, qui passait à ce moment au bord nord-ouest de l'astre, activité dont l'effet peut s'étendre jusqu'aux jets coronaux voisins. Il importait donc de le signaler pour que son influence possible soit recherchée sur les photographies de la couronne prises, si le beau temps l'a permis, environ trois heures plus tard, dans la zone de totalité. On sait que la dépendance des protubérances et des jets coronaux n'est pas encore complètement éclaircie.

ASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse partielle de Soleil, du 24 janvier 1925, faite à l'Observatoire de Lyon.* Note de M. **J. Guillaume** et de Mlle **M. Bloch**, présentée par M. B. Baillaud.

Le passage de masses nuageuses opaques rendrait problématique la possibilité d'observer le phénomène, mais une éclaircie, survenue vers le moment propice, a permis de voir le commencement de l'éclipse.

L'observation a été faite à l'équatorial coudé, diaphragmé à $0^m,26$ d'ouverture, avec un grossissement de 76, sur une projection du disque solaire de $1^m,94$ de diamètre.

Le limbe était très ondulant. Le premier contact a été noté (T. m. civil de Greenwich) :

à $15^h4^m36^s,7$ par M. Guillaume,
à $15^h4^m35^s,7$ par Mlle Bloch.

Peu après le ciel à l'ouest est devenu très nuageux, et le soleil a disparu, jusqu'à son coucher, derrière un épais rideau.

ASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse de Soleil du 24 janvier 1925, à l'Observatoire de Besançon.* Note de M. **P. Chofardet**, présentée par M. Baillaud.

A l'Observatoire de Besançon, l'éclipse, visible partiellement, a été observée dans une assez belle éclaircie.

Avec l'équatorial coudé, muni du chercheur de grossissement 66 et à l'aide du chronographe Gautier, nous avons noté, en temps moyen de Greenwich, l'heure du premier contact à

$$15^h3^m48^s,8$$

par un angle au pôle très voisin de 272°.

L'affaiblissement de la lumière ne pouvait guère être constaté en raison de la proximité du coucher du Soleil.

PHYSIQUE. — *Détermination du potentiel critique L_{III} de l'argon. Discussion de la précision de cette mesure et des mesures analogues.* Note de M. F. **Holweck**, présentée par M. Jean Perrin.

Principe. — Un électroscope est traversé par un faisceau de rayons X provenant de l'arrêt, sur une anode, d'électrons lancés par une différence de potentiel V. Si le métal constituant l'anode a un grand numéro atomique et si V est suffisamment petit pour que seuls les électrons des premiers niveaux extérieurs soient susceptibles d'être expulsés, l'expérience montre que le rayonnement de l'anode se compose en pratique d'un spectre continu dans lequel l'énergie est répartie à la manière habituelle entre les diverses longueurs d'onde sans que les raies caractéristiques du métal anodique semblent intervenir. Le rayonnement est filtré au travers de plusieurs feuilles minces d'un corps ne présentant pas de discontinuité d'absorption dans le domaine en expérience, de façon à isoler autant que possible l'extrémité haute fréquence du spectre continu [1].

L'électroscope contient le gaz à étudier à une pression telle que les rayons X n'y sont absorbés qu'en partie, on observe le courant d'ionisation i, le courant électronique étant constant, et l'on trace la courbe $i = f(V)$. Cette courbe présentera un point singulier lorsque V atteindra une valeur égale à un des potentiels critiques du gaz étudié, par suite de l'augmentation brusque de l'absorption de celui-ci.

Appareil. — Le dispositif expérimental constitue un perfectionnement important de celui décrit antérieurement [2]. La cathode est un fil de tungstène de $0^{cm},05$ de diamètre, elle a la forme d'un U très fermé, les branches de l'U ayant $0^{cm},65$. Le courant de chauffage est de 17 ampères, la chute de tension totale le long de ce fil est de 0,82 volt et de 0,5 volt seulement le long de la fraction à température suffisamment élevée pour permettre des électrons. L'origine des potentiels est l'extrémité négative du filament au point où celui-ci commence à émettre des électrons; étant donnée la faible résistance du filament, cette origine peut être déterminée à 0,1 volt près. Les électrons frappent la face interne d'une anode cylindrique ($d = 0^{cm},5$) en

---

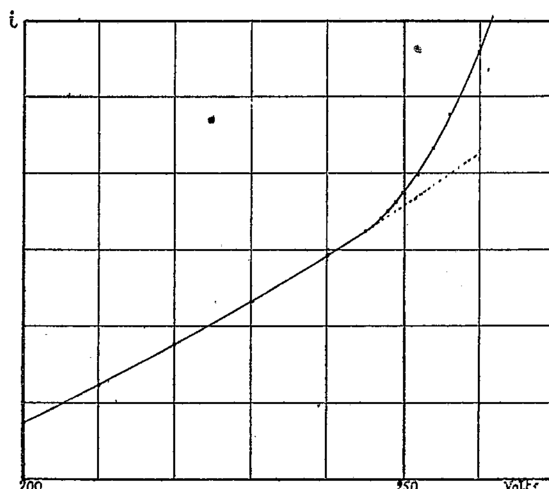
(1) Lorsqu'on emploie le celluloïd comme filtre, ce corps limite le domaine dont l'étude est possible de 30 volts environ à 275 volts, car il faut, d'une part, s'éloigner des potentiels L du carbone, de l'azote et de l'oxygène; d'autre part, on ne peut dépasser le potentiel K du carbone.

(2) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 849; t. 172, 1921, p. 439, et t. 173, 1921, p. 709.

molybdène entourant le filament. Les rayons X produits traversent une feuille étanche de celluloïd mince ($e = 10^{-5}$ cm) et entrent dans l'électroscope. Une ou deux feuilles analogues, formant filtre, peuvent être interposées sur le trajet des rayons. L'électroscope a été aussi perfectionné, sa capacité a été réduite à 3 U. E. S. et sa sensibilité au potentiel accrue (4,5 divisions par volt). Le vide est entretenu dans l'appareil producteur de rayons X mous au moyen de grosses canalisations aboutissant à une pompe moléculaire hélicoïdale et mesuré au moyen d'un manomètre absolu de Knudsen. La pression d'équilibre, le fil étant incandescent, est de 0,08 barye; le fil froid 0,02 barye. La pression dans l'appareil séparé de la pompe, l'électroscope contenant du gaz à une pression de plusieurs milliers de baryes, ne monte que de 0,2 barye à l'heure.

Le potentiel accélérateur des électrons est mesuré au moyen d'un voltmètre étalon Weston.

Potentiel critique L_{III} (1). — Le gaz employé est de l'argon commercial purifié au moyen de calcium chauffé à 550°. La pression qui, avec la profondeur de 9^{cm} pour l'électroscope employé, donne la meilleure discon-



tinuité est $0^{cm},02$ environ. Cinq mesures ont été faites, elles concordent à 1 volt près et donnent comme moyenne 246,5 ± 1 volts, l'erreur par défaut étant moins probable que celle par excès. Les courbes sont très belles et la discontinuité très franche (voir la figure). Différentes petites corrections sont à apporter : *a*. Les diverses chutes de tension dans les supports du filament et dans celui-ci jusqu'à son origine incandescente, dans l'appareil

(1) L_{III} dans la notation de Bohr, soit L_I dans la notation de Sommerfeld.

de mesure du courant thermo-ionique, sont de — 0,45 volt; *b*. Les électrons sortent du filament avec des vitesses distribuées autour d'une moyenne qu'il est difficile de calculer. Pour avoir une idée de l'erreur maximum que l'on peut commettre ainsi, j'ai tracé la courbe $I = f(V)$ pour V négatif, I étant le courant thermo-ionique. On trouve ainsi qu'il y a très peu d'électrons ayant une vitesse de plus de 1,2 volt (2.10^{-5} du courant de saturation) et que la plus grande partie des électrons semble sortir du filament avec une vitesse égale à celle qui leur serait communiquée par 0,4 volt environ. Cette correction est sensiblement égale et de sens contraire à la précédente. La différence de potentiel de contact entre la cathode et l'anode doit être nulle, cette dernière électrode étant recouverte de tungstène évaporé du filament. L'évaluation précédente de la vitesse initiale des électrons en tiendrait d'ailleurs compte.

La valeur la plus probable du niveau L_{III} de l'argon est donc : 246,5 ± 1 volts, soit 50,1 ± 0,2 Å.

Cette méthode qui s'applique aussi bien aux gaz qu'aux solides à condition, cependant, de pouvoir réduire ceux-ci en feuilles minces, me semble, avec celle de Mohler et Foote [1], une des plus précises pour l'étude des fréquences caractéristiques comprises entre la lumière et les rayons X. Elle a, sur cette dernière, l'avantage de ne pas compliquer les niveaux normaux par ceux provenant d'une ionisation multiple de l'atome [2].

Comme exemple de mesure à laquelle il me semble difficile d'attribuer la précision que publie les auteurs, je citerai le travail de Mc Lennan et Miss Clark [3] dans lequel un accident compliqué sur une courbe est interprété comme L du bore à 12,95 volts, alors que la chute de tension le long du filament émettant les électrons était de 8,7 volts et que le potentiel origine n'était certainement pas connu à 1 volt près. Une seconde cause d'erreur, considérable dans ce travail, vient de ce que le corps en expérience était placé sur l'anode du tube et largement recouvert de tungstène provenant de l'évaporation du filament, ce dépôt devant ralentir considérablement les électrons incidents et même les arrêter totalement.

---

(1) *Bulletin of the Nat. Res. Council*, vol. 9, Part 1, 1924, n° 48, p. 97.

(2) Voir Dauvillier, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 167.

(3) *Proc. Roy. Soc.*, Série A, vol. 102, 1923, p. 389.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Corps smectiques et rayons X.*
Note de M. **Ed. Friedel**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans une Note précédente [1] nous avons, M. M. de Broglie et moi, fait connaître que les corps smectiques donnent des radiogrammes de diffraction des rayons X. Les expériences dont nous avons rendu compte portaient sur les oléates de sodium, de potassium, et d'ammonium, dont il semblait évident que la nature smectique ne pouvait être niée par personne. Certains auteurs [2] ont, depuis lors, mis en doute ce dernier point, affirmé que les corps smectiques purs ne donnent aucun radiogramme de diffraction et prétendu que, si les oléates ont fourni des radiogrammes, c'est que nous les avons employés à l'état cristallisé.

Il me paraît, dans ces conditions, nécessaire de signaler sans plus tarder les résultats obtenus avec les corps smectiques typiques, azoxybenzoate d'éthyle et azoxycinnamate d'éthyle. Ces deux corps et leurs mélanges sont, on le sait, cristallisés à la température ordinaire; lorsqu'on les chauffe, ils passent, à une température bien déterminée T_1, à l'état smectique; puis à une température supérieure T_2, ils fondent à l'état amorphe. Chacun d'eux m'a donné :

1° Au-dessous de T_1 un radiogramme de corps cristallisé, c'est-à-dire révélant plusieurs directions de plans équidistants, correspondant à plusieurs équidistances, dont l'une beaucoup plus grande que les autres apparaît d'ailleurs seule quand on n'examine que les rayons diffractés peu inclinés sur le rayon incident.

2° Entre T_1 et T_2, un radiogramme d'un type tout à fait spécial révélant une direction unique de plans équidistants, radiogramme caractéristique de l'état smectique.

3° Au-dessus de T_2 il n'a été obtenu aucun radiogramme, avec les temps de pose employés.

J'ai opéré sur les gouttes à gradins que chacun des deux corps et mieux encore les mélanges à faible proportion d'azoxycinnamate donnent lorsqu'on les fait fondre, sans atteindre la température T_2, sur un clivage frais de mica. La goutte, présentant une orientation bien uniforme, donne d'excel-

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 738.

(2) Mac Bain, *Nature*, Londres, t. 113, 12 avril 1924, p. 554, et t. 114, 12 juillet 1924, p. 49.

lentes réflexions par la méthode du cristal tournant. La direction des plans équidistants du corps smectique est parallèle au clivage du mica, donc perpendiculaire à l'axe optique de la matière smectique, ce qui confirme les prévisions de G. Friedel.

A titre d'indication, je donne ci-dessous les équidistances obtenues : S est l'équidistance unique de la matière smectique ; C, la plus grande équidistance à l'état cristallisé. La précision des mesures atteint au moins 1 pour 100, sauf pour l'azoxycinnamate pur, qui s'est un peu altéré au cours de l'expérience ; les mesures sont données en Ångströms :

	S.	C.
p-azoxybenzoate d'éthyle pur	19,9	16,2
Mélange de 15 parties azoxybenzoate et 1 partie azoxycinnamate	20,6	16,2
p-azoxycinnamate pur	23	non mesuré

Il est remarquable que, comme pour les mélanges cristallisés isomorphes, le mélange des deux corps smectiques donne une seule série de raies correspondant à une équidistance intermédiaire entre celles des constituants. Par suite de la plus grande perfection des gouttes à gradins, les raies sont même plus fines et plus précises que pour les corps purs et surtout que pour l'azoxycinnamate.

Les radiogrammes que nous avions précédemment obtenus pour les oléates purs et les savons solides en pains sont exactement du type que m'ont donné les corps smectiques caractéristiques, avec cette différence que, la matière présentant cette fois toutes les orientations possibles, on doit recourir à la méthode de Debye et Sherrer et aux longues durées de pose qu'elle implique. On voit alors se superposer à la série de halos nets qui correspondent à une équidistance unique, un halo très flou, seul de son espèce, tout à fait comparable à celui que donnent les corps amorphes. Ce halo flou ne peut être attribué aux réflexions que donnerait une série de plans réticulaires à petite équidistance d'une matière cristallisée : il est, d'une part, beaucoup trop flou, et, d'autre part, on ne trouve, quel que soit le temps de pose, aucune trace des réflexions d'ordre supérieur que donnerait cette série de plans. Il n'y a, pour moi, pas de doute qu'il faille l'attribuer à la distance moyenne des molécules perpendiculairement à la direction de répartition périodique. Il paraît bien probable que l'on obtiendrait un semblable halo flou avec les gouttes à gradins en les orientant convenablement par rapport au rayon incident et en prolongeant suffisamment la pose ; nous ne l'avons pas encore essayé.

Il est donc certain, et d'ailleurs le simple examen microscopique en convaincra quiconque a un peu l'habitude d'observer les corps mésomorphes, que les savons solides, et notamment l'oléate de sodium, sont des corps smectiques.

Mes essais confirment d'autre part que les corps smectiques, et eux seuls parmi les corps mésomorphes, donnent des radiogrammes de diffraction des rayons X, radiogrammes qui mettent en évidence l'existence dans ces corps d'une direction unique de répartition périodique de la matière.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre de l'oxyde de carbone à très basse pression, dit spectre des queues de comètes.* Note de M. F. **Baldet**, présentée par M. H. Deslandres.

Dans une Note précédente [1], j'ai montré qu'on pouvait obtenir, avec une grande intensité, le spectre de bandes, dit des queues de comètes, par le choc des électrons lents, provenant d'un filament incandescent, sur de l'oxyde de carbone à très basse pression. Le spectre ainsi obtenu peut être rangé à côté des groupes de bandes les plus remarquables du carbone.

Je me bornerai, dans cette Note, à donner les positions des arêtes principales des bandes.

Le spectre comprend trente bandes entre $\lambda = 5700$ et $\lambda = 3080$. Chacune offre quatre arêtes principales, dégradées vers le rouge, dont les positions sont données dans le Tableau I. Les intensités se rapportent à l'ensemble de la bande; la première arête est un peu plus faible que les trois autres. On remarquera les deux maxima d'intensité des familles — 1 et — 2; ce phénomène se retrouve dans d'autres spectres de bandes, tel que le second groupe positif de l'azote. Dans le Tableau II, qui donne la répartition des bandes en familles, chaque bande a été représentée par son arête la plus réfrangible, et les différences premières ont été inscrites. Les positions des bandes sont données, assez exactement, par la formule suivante qui exprime la deuxième loi de Deslandres :

$$\nu = \left(\frac{27,83}{2}n^2 + 2197,24\,n\right) - \left(\frac{26,57}{2}p^2 + 1493,66\,p\right) + 23529,0,$$

où n varie de -3 à 0, et p de $+3$ à -9. La numération a pour origine la

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1525.

bande la plus intense; les notations employées sont, du reste, conformes à celles recommandées par M. Deslandres en 1919. Les résidus : observation-calcul, montrent de petits écarts systématiques, qui, dans l'ensemble, sont fonctions de p seulement.

TABLEAU I. — *Longueurs d'ondes en* Å.I. (*air*).

		Arêtes :				Intensités :			
n.	*p*.	1re.	2e.	3e.	4e.	−3.	−2.	−1.	0.
−2	1	5654	5659	5695	5700		1		
−1	2	5461,7	5466,8	5500,0	5504,9			2	
−3	−1	5390	5395	5427	5432	1			
0	3	5281	5286	5317	5321				½
−2	0	5209	5214	5244	5248		½		
−1	1	5039,77	5043,70	5072,06	5075,88			2	
0	2	4879,51	4883,86	4910,96	4914,54				3
−2	−1	4836,58	4839,55	4865,83	4868,98		3		
−1	0	4683,37	4686,80	4711,25	4714,48			6	
0	1	4539,38	4542,63	4565,83	4568,71				8
−2	−2	4517,99	4521,00	masquées par les précédentes			5		
−1	−1	4378,93	4381,38	4403,26	4406,24			4	
0	0	4248,55	4251,27	4271,31	4273,87				10
−2	−3	4244,10	4246,16	masquées par les précédentes			2		
−3	−5	4130,39	4132,53	4151,92	4153,82	2			
−1	−2	4117,28	4119,38	4138,92	4140,42			3	
0	−1	3997,21	3999,50	4017,60	4019,76				9
−1	−3	3888,55	3890,53	3908,00	3909,90			5	
0	−2	3777,61	3779,49	3795,65	3797,37				8
−1	−4	3688,09	3689,84	3705,31	3707,10			6	
0	−3	3584,11	3585,74	3600,74	3602,26				7
−1	−5	3510,27	3511,72	3525,64	3526,95			4	
0	−4	3413,29	3414,58	3427,85	3429,20				5
−1	−6	3351,71	3352,94	3366,02	3366,98			4	
−2	−8	3300,66	3302,06	3314,18	3315,50		2		
0	−5	3260,35	3261,58	3273,91	3275,24				3
−1	−7	3209,64	3210,67	3222,42	3223,47			2	
−2	−9	3168,03	3169,07	3180,26	3181,34		2		
0	−6	3123,18	3124,47	3135,51	3136,77				2
−1	−8	3081,46	3082,71	3093,30	3094,57			1	

Les différences de nombres d'ondes entre la première et la troisième arête, et la deuxième et la quatrième, dans une même bande, sont sensiblement constantes et égales à $\Delta\nu = -126$. Entre la première et la deuxième, les

différences varient régulièrement, mais non linéairement, de $\Delta\nu = -17$ pour $\nu = 18000$, à $\Delta\nu = -10$ pour $\nu = 31000$.

Il existe une ressemblance étroite entre ce spectre et le troisième groupe de l'air, qui est dégradé vers le violet. Cette ressemblance mérite de retenir l'attention, car l'un des spectres paraît émis par une molécule N + O, et l'autre par une molécule C + O. Il est donc possible que l'atome d'oxygène, commun aux deux molécules, joue un rôle prépondérant dans l'émission de ces deux spectres.

Le spectre, spécial aux queues cométaires, décrit brièvement ci-dessus, peut être appelé : troisième groupe négatif du carbone. Le premier groupe négatif a été reconnu par Deslandres en 1903, et le deuxième par Deslandres et d'Azambuja en 1905 ([1]); mais il y a des différences entre les trois groupes. Le deuxième a été obtenu au pôle négatif dans l'acide carbonique aux pressions supérieures à 5^{mm}, et les deux autres sont bien développés, surtout aux pressions plus basses.

TABLEAU II. — *Nombres d'ondes par centimètre (vide) des premières arêtes.*

n \ p =	3.		2.		1.		0.		—1.		—2.		—3.
—3...									18547				
									2123				
—2...					17682	1509	19191	1479	20670,0	1457,6	22127,6	1427,9	23555,5
					2155		2155		2160,2		2153,5		2153,7
—1...			18304,3	1532,4	19836,7	1509,5	21346,2	1484,0	22830,2	1450,9	24281,1	1428,1	25709,2
			2183,9		2186,6		2184,7		2180,2		2183,2		2183,8
0...	18930	1558	20488,2	1535,1	22023,3	1507,6	23530,9	1479,5	25010,4	1453,9	26464,3	1428,7	27893,0
—3...					24204,1								
—2...	23555,5										30288,2	1268,1	31556,3
	2153,7										2154,6		
—1...	25709,2	1397,4	27106,6	1373,1	28479,7	1347,3	29827,0	1320,3	31147,3	1295,5	32442,8		
	2183,8		2182,2		2183,0		2182,4						
0...	27893,0	1395,8	29288,8	1373,9	30662,7	1346,7	32009,4						
n / p =	—3.		—4.		—5.		—6.		—7.		—8.		—9.

La bande d'intensité maxima a été soulignée.

([1]) C'est Kayser qui a appelé deuxième groupe négatif le spectre de bandes signalé par Deslandres et d'Azambuja. Voir *Handbuch der Spectroscopie*, t. 5, p. 234, et *Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 457; t. 140, 1905, p. 917.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les conditions d'apparition et la structure des bandes de l'argent* λ3330 *et* λ3358. Note de MM. **Ernest Bengtsson** et **Erik Svensson**, présentée par M. A. Cotton.

L'argent introduit (sous forme de chlorure) dans la flamme du chalumeau oxhydrique émet un spectre de bandes dégradées vers le rouge. En les étudiant d'abord avec un réseau concave de $1^{m},5$ nous avons constaté que leur structure est très voisine de celles des bandes, beaucoup plus intenses, du cuivre et de l'or.

On les obtient plus intenses en utilisant l'arc électrique dans une atmosphère d'hydrogène. Nous avons pu les photographier dans le deuxième ordre de notre réseau concave de $6^{m},5$.

Les raies composant ces bandes peuvent être rangées, au moyen de la formule de Deslandres et de la loi sur l'intensité de Heurlinger, en deux séries que nous désignerons par P et R. La raie de série $m=0$ fait défaut. Cette « raie nulle » est le point de départ des deux séries.

Les résultats exprimés dans les Tableaux I et II ci-après peuvent être résumés schématiquement par les relations suivantes :

$$P(m) = F(n, m) - f(n', m+1),$$
$$R(m) = F(n, m+1) - f(n', m),$$

F et f correspondent à l'énergie à l'état initial et à l'état final de la molécule, n et m se rapportent respectivement aux vibrations du noyau et aux rotations de la molécule. Si, avec Hulthén, nous établissons les combinaisons suivantes

$$R(m) - P(m+1) = f(n', m+2) - f(n', m),$$
$$R(m+1) - P(m) = F(n, m+2) - F(n, m).$$

nous obtenons deux relations qui dépendent ou du seul état initial ou du seul état final de la molécule qui émet la lumière. A l'origine de ces deux bandes il y a donc un état initial et un état final différents.

Par analogie avec les recherches sur les bandes du cuivre et de l'or (¹), nous trouvons ici la relation suivante

$$\frac{h}{8\pi^2}\frac{1}{A'} = 6.3; \qquad \frac{h}{8\pi^2}\frac{1}{A''} = 6.6,$$

(¹) E. Bengtsson, *Arkiv for Mat.*, Bd 18, n° 27, 1924.

Tableau I. Agλ3330.

R(m).			P(m).		
m.	λ.	ν.	m.	λ.	ν.
1.......	3343,30	29910,5	1.......	3346,13	29885,2
2.......	2,03	21,9	2.......	7,61	72,1
3.......	0,80	32,9	3.......	9,15	58,3
4.......	39,61	43,6	4.......	0,73	44,1
5.......	8,52	53,4	5.......	52,41	29,3
6.......	7,48	62,7	6.......	4,10	14,2
7.......	6,50	71,5	7.......	5,87	798,5
8.......	5,59	79,7	8.......	7,70	82,3
9.......	4,74	87,4	9.......	9,60	65,5
10.......	3,96	94,4	10.......	61,52	48,4
1.......	3,27	30000,6	1.......	3,53	30,7
2.......	2,65	06,2	2.......	5,58	12,6
3.......	2,11	11,0	3.......	7,68	694,0
4.......	1,63	15,3	4.......	9,86	74,9
5.......	1,24	18,9	5.......	72,06	55,4
6.......	0,94	21,6	6.......	4,34	35,4
7.......	0,75	23,3	7.......	6,68	14,9
8.......	0,64	24,3	8.......	9,10	593,7
9.......	0,64	24,3	9.......	81,58	72,0
20.......	0,75	23,3	20.......	//	//
1.......	0,94	21,6	1.......	86,78	26,6
2.......	1,24	18,9	2.......	89,52	02,7
3.......	1,63	15,3	3.......	92,32	478,3
4.......	2,19	10,3	4.......	95,21	53,3
5.......	2,86	04,3	5.......	98,16	27,7
6.......	3,69	29996,8	6.......	3401,24	01,1
7.......	4,67	88,0	7.......	4,43	373,5
8.......	5,81	77,7	8.......	7,74	45,0
9.......	7,12	66,0	9.......	11,15	15,6
30.......	8,64	52,3	30.......	14,73	284,9
1.......	40,34	37,1	1.......	18,48	52,8
2.......	2,29	19,6	2.......	22,40	19,3
3.......	4,50	899,8	3.......	26,47	184,6
4.......	6,99	77,6	4.......	30,80	47,7
5.......	9,78	52,7	5.......	35,37	08,9
6.......	52,97	24,3	6.......	40,23	067,8
7.......	6,57	792,3	7.......	45,43	24,0
8.......	60,70	55,7	8.......	51,01	28977,0
9.......	5,33	14,8	9.......	57,07	26,2
40.......	//	//	40.......	63,73	870,6

TABLEAU II. Agλ3358.

R(*m*).			P(*m*).		
m.	λ (vide).	ν.	*m*.	λ (vide).	ν.
1.......	"	"	1.......	"	"
2.......	3364,96	29718,0	2.......	3370,29	29671,0
3.......	3,85	27,8	3.......	1,90	56,9
4.......	2,82	36,9	4.......	3,57	42,2
5.......	1,93	44,8	5.......	5,33	26,7
6.......	1,12	52,0	6.......	7,17	10,5
7.......	0,42	58,2	7.......	9,10	593,7
8.......	59,80	63,7	8.......	81,19	75,4
9.......	9,29	68,2	9.......	"	"
10.......	8,90	71,7	10.......	5,53	37,5
1.......	8,63	74,0	1.......	7,86	17,1
2.......	8,52	75,0	2.......	90,29	496,0
3.......	8,45	75,6	3.......	2,86	73,7
4.......	8,52	75,0	4.......	5,51	50,7
5.......	8,74	73,1	5.......	8,28	26,6
6.......	9,10	69,9	6.......	3401,15	01,8
7.......	9,60	65,5	7.......	4,12	376,1
8.......	60,27	59,5	8.......	7,23	49,4
9.......	1,12	52,0	9.......	10,48	21,4
20.......	2,13	43,1	20.......	3,86	292,4
1.......	3,33	32,4	1.......	7,40	62,0
2.......	4,71	20,2	2.......	21,15	30,3
3.......	6,33	06,0	3.......	4,99	197,2
4.......	8,17	689,7	4.......	9,07	62,4
5.......	70,29	71,0	5.......	30,34	26,2
6.......	2,64	50,4	6.......	7,85	087,9
7.......	5,33	26,7	7.......	42,60	47,8
8.......	8,31	00,6	8.......	7,64	05,4
9.......	81,69	571,0	9.......	52,96	28960,6
30.......	5,53	37,5	30.......	8,68	12,8
1.......	9,80	00,3	1.......	64,76	862,0
2.......	94,69	457,8	2.......	71,35	07,2
3.......	3400,21	10,0	3.......	78,46	748,3

où h représente la constante de Planck et A' et A'' désignent les moments d'inertie de la molécule à l'état initial et à l'état final. Ces valeurs diffèrent peu des valeurs correspondantes du cuivre et de l'or. Les conditions de l'apparition des bandes de l'argent et la grandeur du moment d'inertie conduisent à supposer qu'on a affaire à un dipôle Ag-H.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure des spectres des lignes de l'azote et de l'oxygène ionisés*. Note [1] de M. F. CROZE, présentée par M. A. Cotton.

Dans le spectre de l'azote ionisé (N^+) les combinaisons entre termes triples les plus importantes de la région visible du spectre sont les multiplets $p^3p'^3$, p^3d^3, $p'^3d'^3$, $d^3d'^3$ déjà décrits dans une Note précédente [2] et les multiplets p^3s^3 et d^3f^3 donnés dans les tableaux suivants.

Multiplet p^3s^3.

4		4		2	
5045,07		5010,65		5002,60	s^3
19815,8	136,15	19951,95	32,10	19984,05	
p_1^3	Δp_{12}^3	p_2^3	Δp_{23}^3	p_3^3	

Multiplet d^3f^3.

6					
5005,12					f_1^3
19974,0					
81,8					Δf_{12}^3
3		7			
5025,69		5001,34			f_2^3
19892,2	96,9	19989,1			
		57,05			Δf_{23}^3
		3		3	
–		5015,65		5000,99	f_3^3
		19932,05	58,35	19990,4	
d_1^3	Δd_{12}^3	d_2^3	Δd_{23}^3	d_3^3	

D'après la règle d'alternance, le spectre de lignes de l'oxygène ionisé (O^+) doit être formé par des combinaisons entre des termes de multiplicité *paire*. Les tableaux suivants donnent les plus importantes des combinaisons entre des termes *quadruples* que j'ai trouvées dans la portion visible du spectre en appliquant les règles de Landé aux mesures de l'effet Zeeman que j'ai faites en 1913 au moyen d'un électro-aimant de Weiss mis à ma disposition par M. Cotton [3]. Ce sont, comme dans le cas de l'azote, des combinaisons des types *ps* [4], *pd*, *df*, *pp'*, *p'd'*, *dd'*. Dans les

---

(1) Séance du 19 janvier 1925.

(2) F. CROZE, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1603.

(3) F. CROZE, *Ann. de Phys.*, t. 1, 1914, p. 37.

(4) Le triplet p^4s^4 a été signalé par LANDÉ, *Zeits. f. Phys.*, t. 15, 1923, p. 119.

multiplets $p'd'$ et dd', l'intervalle $\Delta d'_{12} = 6,3$ est seul assez grand pour avoir été résolu, de sorte que, les termes d'_2, d'_3, d'_4 apparaissant confondus en un seul, les effets Zeeman des raies correspondantes sont modifiés par l'effet Paschen-Back.

Multiplet $p^4 s^4$.

7		6		5	
3749,48		3727,34		3712,72	s^4
26662,8	158,4	26821,2	105,6	26926,8	
p_1^4	Δp_{12}^4	p_2^4	Δp_{23}^4	p_3^4	

Multiplet $p^4 p'^4$.

8		6			
4349,435		4319,647			$p_1'^4$
29989,03	158,50	23143,55			
91,94		91,25			$\Delta p_{12}'^4$
6		3		6	
4366,906		4336,75		4317,160	$p_2'^4$
22893,11	159,20	23052,3	104,58	23156,88	
		46,8		45,88	$\Delta p_{23}'^4$
		6		1	
		4345,570		3325,74	$p_3'^4$
		23005,51	105,5	23111,0	
p_1^4	Δp_{12}^4	p_2^4	Δp_{23}^4	p_3^4	

Multiplet $p^4 d^4$.

9					
4649,148					d_1^4
21503,32					
124,62					Δd_{12}^4
5		8			
4676,246		4641,827			d_2^4
21378,70	158,53	21537,23			
90,69		91,59			Δd_{23}^4
1		5		5	
4696,17		4166,650		4638,864	d_3^4
21288,0	157,6	21445,64	105,34	21550,98	
		55,29		55,55	Δd_{34}^4
		0		5	
		4673,71		4650,853	d_4^4
		21390,35	105,08	21495,43	
p_1^4	Δp_{12}^4	p_2^4	Δp_{23}^4	p_3^4	

Multiplet $d^4 f^4$.

10							
4075,869							f^4_1
24527,75							
102,45							Δf^3_{12}
4		10					
4092,96		4072,156					f^4_2
24425,3	124,8	24550,11					
		78,2					Δf^4_{23}
		5		10			
		4085,17		4069,903			f^4_3
—		24471,9	91,8	24563,70			
				54,0			Δf^4_{34}
				4		10	
				4078,86		4069,635	f^4_4
		—		24509,7	58,6	24565,33	
d^4_1	Δd^4_{12}	d^4_2	Δd^4_{23}	d^4_3	Δd^4_{34}	d^4_4	

Multiplet $p'^4 d'^4$.

8					
4119,222					d'_1
24269,61					
6,16					$\Delta d'^4_{12}$
6		6		4	d'^4_2 d'^4_2
4120,267		4105,001		4097,28	d'^4_3 d'^4_3 d'^4_3 } d'^4
24263,45	90,23	24353,68	45,9	24399,6	d'^4_4 d'^4_4
p'^4_1	$\Delta p'^4_{12}$	p'^4_2	$\Delta p'^4_{23}$	p'^4_3	

Multiplet $d^4 d'^4$.

6		0					
3882,194		3863,59					d'^4_1
25751,37	123,99	25875,36					
6,44		6,35					$\Delta d'^4_{12}$
0		4		0		1	d'^4_2 d'^4_2 d'^4_2
3883,16		3864,54		3851,03		3842,98	d'^4_3 d'^4_3 d'^4_3 } d'^4
25744,93	124,08	25869,01	90,7	25959,7	54,4	26014,1	d'^4_4 d'^4_4
d^4_1	Δd^4_{12}	d^4_2	Δd^4_{23}	d^4_3	Δd^4_{34}	d^4_4	

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur l'orientation moléculaire des acides gras.* Note de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. M. de Broglie.

On sait que certains corps [1], tels que les acides gras, sont susceptibles de s'orienter quand on les fond sur une plaque de verre et de prendre la structure dénommée smectique [2] par G. Friedel. Les molécules se placent parallèlement les unes aux autres, leurs extrémités se trouvant dans des plans équidistants parallèles à la lame de verre. Un tel système est capable de fournir de bonnes réflexions des rayons X par la méthode du cristal tournant.

Dans ce travail, j'ai cherché à voir, au moyen des rayons X, comment se faisait cette répartition périodique, et comment variait l'orientation avec l'épaisseur du corps fondu. Pour cela j'ai utilisé, pour une même préparation, les deux méthodes de transmission et de réflexion; leur comparaison permet d'avoir des renseignements intéressants sur la structure interne.

L'appareillage consiste en un tube à gaz Shearer fonctionnant avec un courant de 10 milliampères sous 40000 volts avec une anticathode de cuivre (raie $K\alpha = 1,54\,\text{Å}$) en un spectrographe ordinaire pour les photographies prises par réflexion, et en un double trou de 2^{mm} de diamètre pour celles prises par transmission.

Le corps étudié a été l'acide palmitique.

1. Acide palmitique en poudre. — L'acide a été placé dans un petit tube de verre de 5^{mm} de long et éclairé pendant une heure par un trou de 2^{mm}; la plaque se trouve à 10^{cm}. Dans ces conditions on obtient, comme on sait, des anneaux concentriques de grand diamètre attribuables à une structure microcristalline; deux de ces anneaux, bien que flous, ont une grande intensité et correspondent à des distances réticulaires de 3.5 et 4 Angström.

2. Acide palmitique orienté. — L'orientation a été obtenue soit en fondant le corps sur une lamelle de cuivre mince ou sur un clivage frais de mica, soit en versant l'acide fondu sur une couche d'eau froide; dans ces conditions les premières couches de molécules s'orientent normalement à la surface de séparation, le groupement CO OH s'enracinant en quelque sorte dans l'eau ou sur le verre. Dans les deux cas j'ai obtenu, par transmission et réflexion, les résultats suivants :

a. Transmission. — La goutte est appliquée sur le trou de 2^{mm} de diamètre. La

(1) Müller et Shearer, *Transactions of the Chem. Society*, vol. 123, 1923, p. 2083 et 3152.

(2) G. Friedel, *Ann. de Phys.*, t. 23, 1922, p. 273.

photographie montre tous les anneaux obtenus avec le corps en poudre, avec cependant un peu moins d'intensité; mais en plus apparaissent une série d'anneaux de petit diamètre correspondant à des réflexions d'ordre successif et à une grande distance réticulaire (36 Å). On a pu compter cinq ordres successifs, les réflexions d'ordre pair étant bien plus intenses que les réflexions impaires. Il est à remarquer que ce phénomène est plus net dans le cas de l'acide fondu sur l'eau que dans le cas de l'acide fondu sur verre ou mica.

b. Réflexion. — Les mêmes préparations montrent une série de raies fines et équidistantes correspondant à l'endroit où la couche est suffisamment mince; ces raies, voisines de la tache centrale, sont dues aux réflexions de divers ordres sur les plans de répartition périodique parallèles à la surface du verre ou de l'eau. Le calcul donne pour ces raies la même distance réticulaire que plus haut (36 Å). De plus, on obtient des raies diffuses qui, examinées attentivement, sont constituées par l'enveloppe d'une série de petits arcs; ces raies n'apparaissent que quand la préparation est suffisamment épaisse, et correspondent exactement aux anneaux de grand diamètre (4 Å et 3,5 Å pour les plus intenses).

3. *Conclusions.* — *a.* L'existence d'anneaux de petit diamètre et de raies fines voisines de la tache centrale implique une structure en plans parallèles (structure smectique). Les premières assises de molécules doivent être formées de molécules orientées normalement à la surface du verre ou de l'eau : ce sont elles qui fournissent les raies fines de réflexion. Puis on trouve des assises de molécules placées parallèlement à la lame de verre qui donnent par transmission les anneaux de petit diamètre correspondant aux raies précédentes.

b. A mesure que l'épaisseur du corps croît, l'influence de l'orientation se fait de moins en moins sentir; il apparaît des microcristaux d'orientation confuse qui fournissent des anneaux de grand diamètre et les raies floues, par réflexion sur leurs plans réticulaires. Cela est vérifié encore par le fait qu'à mesure que l'épaisseur croît, les raies fines disparaissent par suite de l'absorption des rayons X, tandis que les raies diffuses augmentent considérablement en intensité : la couche extérieure se trouve alors plus éloignée de la partie orientée et manifeste seule sa structure microcristalline.

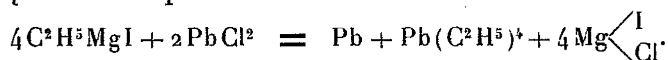
c. Les photographies obtenues ressemblent à celles obtenues par E. Friedel [1] pour les oléates d'Am, Na et K. Ces derniers présenteraient donc, outre la structure smectique que leur attribue leur auteur et qui se manifeste par les anneaux de petit diamètre, une structure microcristalline décelée par l'anneau flou de grand diamètre.

---

(1) E. Friedel, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 738.

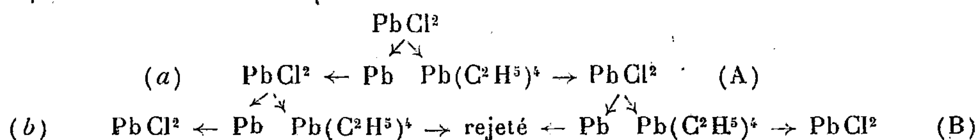
RADIOACTIVITÉ. — *Études chimiques sur les isotopes du plomb.* Note de M. **Herbert Brennen**, présentée par M. G. Urbain.

Les essais de séparation des isotopes, tels que ceux du plomb, par action chimique sont restés infructueux. Récemment, cependant, Dillon, Clarke et Hinchy (¹) ont pensé avoir obtenu une séparation partielle des isotopes du plomb radioactif par réaction de Grignard sur le chlorure de plomb comme le représente l'équation suivante :



$$4C^2H^5MgI + 2PbCl^2 = Pb + Pb(C^2H^5)^4 + 4Mg\langle^{I}_{Cl}.$$

On peut faire un résumé de leur travail par le schéma suivant :



Ils ont trouvé 207,3 dans un cas et 207,4 dans un autre cas pour le poids atomique du plomb de la fraction (B) si l'on suppose que 207,1 est le poids atomique du plomb de la fraction (*b*). Ils ont utilisé la méthode de Soddy et Hyman (²) pour la détermination relative du poids atomique du plomb.

Il nous a semblé que la méthode de Soddy et Hyman n'est pas assez précise, ce qui met en doute les résultats de Dillon, Clarke et Hinchy. J'ai entrepris une vérification de leur travail qui est très important au point de vue théorique.

Au réactif de Grignard préparé de la manière habituelle avec 104^g d'iodure d'éthyle dissous dans 500$^{cm^3}$ d'éther et 16^g de magnésium, on ajoute 52^g de $PbCl^2$. Après l'addition de 200$^{cm^3}$ d'eau, on sépare la solution éthérée et l'on extrait le résidu plusieurs fois avec de l'éther. Après l'évaporation de l'éther, on verse goutte à goutte le plomb tétraéthyle dans l'HNO^3 dilué bouillant, puis on précipite le plomb sous forme de chlorure [échantillon (A)]. Après avoir extrait plusieurs fois le résidu composé de plomb, de chlorure et d'iodure basique de magnésium au moyen d'une solution concentrée de Na^2CO^3 jusqu'à l'enlèvement complet des halogé-

(¹) *The Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society*, t. **17**, nᵒˢ **1-10**, 1922, p. 53-57.

(²) *Trans. Chem. Soc.*, t. **105**, 1914, p. 1402.

nures, on le dissout dans l'HNO^3 et ensuite on précipite le plomb sous forme de chlorure [échantillon (*a*)]. On répète le processus pour les deux échantillons secs (A) et (*a*) en conservant les fractions extrêmes (B) et (*b*) comme le représenté le schéma décrit plus haut, sauf que l'on précipite le plomb à l'état de sulfate qui est transformé successivement en sulfure, nitrate et alors chlorure, celui-ci étant purifié quatre fois par dissolution dans de l'eau et précipitation par HCl pur.

Pour la détermination du poids atomique du plomb, je me suis servi de l'une des méthodes du professeur Richards. On dissout un poids connu, environ 4^g, de $PbCl^2$ (fondu dans un courant de vapeur d'HCl sèche) dans un litre d'eau chaude additionnée de deux gouttes d'HNO^3. Puis on ajoute à cette solution, goutte à goutte, en agitant constamment, une solution (d'environ 800^{cm^3}) d'$AgNO^3$ dont le poids correspond exactement à celui de $PbCl^2$ employé. Le lendemain, on ajoute une solution de $0^g,2$ d'$AgNO^3$ pour diminuer la solubilité d'AgCl et ensuite on filtre la solution après deux jours encore dans l'obscurité, à travers un creuset de Gooch pesé. Après un lavage achevé d'abord avec une solution contenant 17^{mg} d'$AgNO^3$ par litre, puis avec de l'eau, on sèche le creuset et son contenu dans une étuve à 120° C. jusqu'à ce que le poids devienne constant. Pour le dosage de l'eau contenue dans ce AgCl, on en fait fondre environ 2^g (contenu dans une nacelle de platine) dans un courant d'HCl sec, en pesant la nacelle et son contenu avant et après la fusion. L'AgCl dissous dans le filtrat, étant toujours moins de $0^{mg},2$, a été négligé.

Après la dissolution du $PbCl^2$ fondu, Baxter et Wilson ([1]) et d'autres ont toujours trouvé un résidu noir combustible, probablement du charbon provenant des papiers filtres, quelquefois jusqu'à 1^{mg}. Toutefois, en employant toujours des filtres d'amiante dans des creusets de Gooch, j'ai obtenu le $PbCl^2$ fondu sans résidu de charbon.

Tous les produits chimiques employés dans ce travail ont été purifiés. On a étalonné les poids par la méthode de Kohlrausch. On a corrigé les pesées au vide en employant $+0^{mg},062$ et $+0^{mg},071$ pour 1^g de $PbCl^2$ et de AgCl respectivement. On a fait toutes les pesées sur une balance Curie sensible à $0^{mg},1$.

J'ai fait deux séries d'expériences :

Première série : Avec du plomb ordinaire.

([1]) *J. A. C. S.*, t. 30, 1908, p. 187.

Seconde série : Avec un mélange en quantités égales de plomb ordinaire et de plomb radioactif (poids atomique = 206,55).

Série.	Échantillon.	Poids de $PbCl^2$ en gr.	Poids de AgCl en gr.	Rapport : Poids de $PbCl^2$ / Poids de AgCl.	Poids atomique : Cl = 35,46; Ag = 107,88.	
1....	B	3,5151	3,6238	0,97000	207,16	207,15
		4,0433	4,1686	0,96992	207,14	
	b	4,0573	4,1830	0,96995	207,15	207,155
		4,2529	4,3845	0,97000	207,16	
2....	B	4,0596	4,1898	0,96895	206,86	206,87
		4,0116	4,1399	0,96902	206,88	
	b	4,0538	4,1831	0,96908	206,90	206,88
		4,0302	4,1594	0,96895	206,86	

Comme le poids atomique du plomb des échantillons (B) et (*b*) est le même entre les limites d'erreur expérimentale, on peut conclure qu'il n'y a pas eu de séparation des isotopes du plomb par la réaction du réactif de Grignard sur le chlorure de plomb.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'absorption des rayons β par la matière.* Note de M. **Georges Fournier**, présentée par M. Jean Perrin.

1. *Source radioactive. Son rayonnement.* — La source employée est constituée par une quantité impondérable d'un mélange de Ra D et de Ra E en équilibre radioactif, accompagnant une très petite quantité de chlorure de plomb déposée sur une lame de mica et recouverte d'une très mince feuille de mica. Le rayonnement du polonium, absorbé par cette feuille, n'intervient pas dans les mesures.

Des mesures comparatives avec et sans champ magnétique ayant montré que le rayonnement γ de cette source n'intervenait que pour moins du millième dans l'ionisation totale, c'est donc en pratique au rayonnement β du Ra E que nous avons affaire. Cependant il existe en outre un rayonnement β plus absorbable, qui ne se manifeste que dans le début des courbes d'absorption. On peut le mettre en évidence isolément par le calcul d'après les données de ces débuts de courbes.

2. *Détermination du coefficient d'absorption. Influence du dispositif expéri-*

mental. — Le coefficient envisagé ici est le coefficient massique d'absorption apparente $\frac{\mu}{\rho}$ qui intervient dans la relation

$$\mathfrak{I} = \mathfrak{I}_0 e^{-\frac{\mu}{\rho}\frac{m}{s}}$$

où $\frac{m}{s}$ est la masse d'absorbant par centimètre carré (¹), μ le coefficient d'absorption suivant la définition ordinaire et ρ la densité de la matière. Cette relation représente l'ensemble des phénomènes d'absorption proprement dite et de dispersion.

Les valeurs du coefficient $\frac{\mu}{\rho}$ pour différents corps ont été déduites des courbes expérimentales d'absorption. Pour voir si le coefficient ainsi déterminé avait une réelle signification, on a repris les expériences en variant la disposition des appareils : le plateau horizontal mobile portant la source a été successivement placé à 4, 5 et 6^{cm} de la chambre d'ionisation : le canaliseur était tantôt rectangulaire (18×32^{mm}, 20^{mm} haut.), tantôt cylindrique (10^{mm} diam., 20^{mm} haut.); les écrans absorbants, posés sur le canaliseur, étaient distants de la chambre de 2, 3 ou 4^{cm}. La chambre d'ionisation était constituée par un cylindre vertical de $20^{cm},5$ de hauteur fermé à sa partie inférieure par une fenêtre d'aluminium de 84^{mm} de diamètre et $0^{mm},02$ d'épaisseur, et portant une tige axiale isolée.

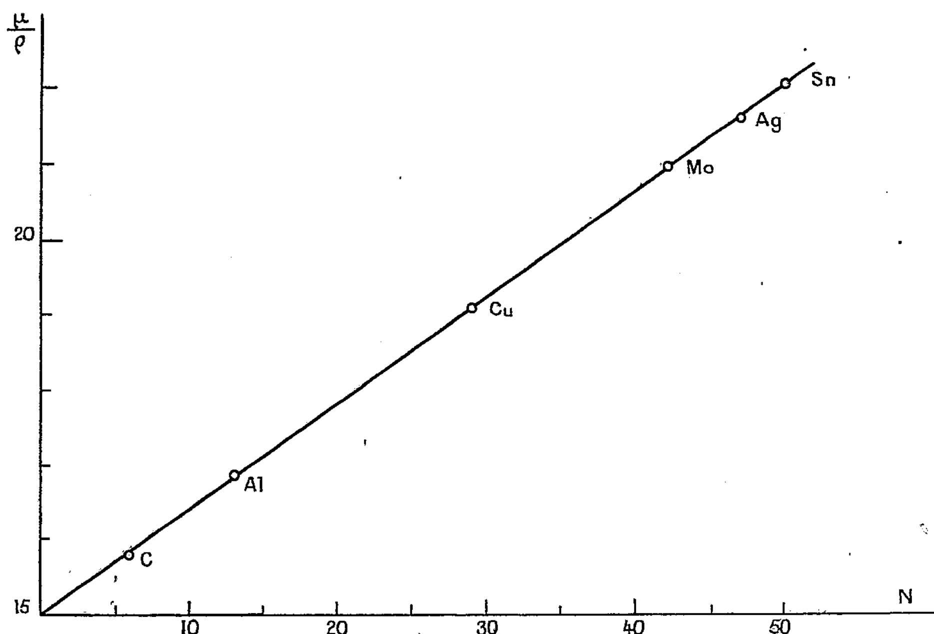
Ces changements de dispositif n'ont amené pour les différents points des courbes d'absorption que des variations inférieures aux erreurs expérimentales. On peut donc dire que le coefficient $\frac{\mu}{\rho}$ est, dans d'assez larges limites, indépendant du dispositif employé.

La mesure des courants d'ionisation était faite par la méthode habituelle de compensation au quartz piézo-électrique.

Le coefficient $\frac{\mu}{\rho}$, indépendant, comme nous venons de le voir, des conditions expérimentales, dépend d'une part de la nature de l'absorbant; d'autre part, de la vitesse des rayons β absorbés.

(¹) On peut voir que $\frac{m}{s}$ est proportionnel au nombre de protons ou au nombre total d'électrons présents dans la matière, ces nombres étant d'ailleurs égaux entre eux. Ainsi $\frac{\mu}{\rho}$ est proportionnel à la fraction du rayonnement absorbée *en moyenne* par proton et par électron.

3. *Relation du coefficient* $\frac{\mu}{\rho}$ *avec la nature de l'absorbant.* — Afin de voir si le coefficient $\frac{\mu}{\rho}$ était en relation simple avec la constitution des atomes absorbants, nous avons étudié l'absorption dans divers corps simples. En portant ensuite en abscisses les numéros atomiques de ces corps simples, désignés par N, et en ordonnées les valeurs correspondantes de $\frac{\mu}{\rho}$, on obtient très approximativement une droite :



Le coefficient massique d'absorption apparente peut donc se mettre sous la forme

$$\frac{\mu}{\rho} = a + b\,\mathrm{N}, \qquad \text{(I)}$$

a et b étant deux constantes [1]. Pour le rayonnement principal du RaE on a en particulier

$$\frac{\mu}{\rho} = 15 + 0{,}142\,\mathrm{N}. \qquad \text{(II)}$$

[1] Deux isotopes auraient, d'après cette loi, des coefficients d'absorption *atomiques* $\frac{\mu}{\rho}$A différents (A étant la masse atomique) puisqu'ils auraient même $\frac{\mu}{\rho}$. Mais la précision obtenue ne permet pas d'affirmer un tel résultat.

Voici d'ailleurs, pour comparaison, les valeurs de $\frac{\mu}{\rho}$ calculées d'après cette formule et les valeurs observées :

Absorbant.	N.	$\frac{\mu}{\rho}$ calculé.	$\frac{\mu}{\rho}$ observé.
Carbone	6	15,85	15,8
Aluminium.........	13	16,85	16,9
Cuivre.............	29	19,12	19,2
Molybdène.........	42	20,96	21,0
Argent.............	47	21,67	21,7
Étain..............	50	22,10	22,1

4. *Relation du coefficient $\frac{\mu}{\rho}$ avec la vitesse des rayons absorbés.* — Nous avons essayé de voir si la formule (I) était également applicable au rayonnement absorbable indiqué plus haut (§ 1). On ne peut malheureusement déterminer avec précision les coefficients d'absorption relatifs à ce rayonnement. Ces coefficients sont cependant peu différents de ceux que donnerait la formule

$$\text{(III)} \qquad \frac{\mu}{\rho} = 65 + 0{,}615\,\text{N},$$

qui n'est autre que la formule (II) multipliée par 4,33 environ. La vitesse des rayons β interviendrait donc dans un terme en facteur dans la formule générale.

Conclusions. — Dès maintenant la loi $\frac{\mu}{\rho} = a + b\text{N}$ semble bien établie. Nous nous proposons cependant de reprendre ces expériences avec d'autres groupes de rayons β et de les étendre à d'autres corps simples, afin de donner à cette relation un caractère plus grand de généralité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Argiles, kaolins, etc. Gélivité.* Note de M. **A. Bigot**, présentée par M. A. Haller.

La gélivité des produits céramiques à base d'argiles ou de kaolins, fabriqués en pâte molle, ne dépend pas de leur porosité.

Un fragment de poterie noire étrusque que nous avons étudié ([1]) a pour porosité 24, 45 pour 100, il est gélif. Nous avons démontré que la tempéra-

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 510.

ture de cuisson de ces poteries noires n'est pas suffisante pour pectiser entièrement les colloïdes des argiles qui les constituent ni pour les déshydrater.

Un autre fragment de la même poterie a été chauffé à 850° en atmosphère oxydante pour brûler les matières charbonneuses qu'il contient. A cette température, la déshydratation de l'argile et la pectisation des colloïdes sont complètes; le fragment de poterie a pris la teinte des terres cuites ordinaires et sa porosité atteint 34 pour 100; il n'est pas gélif malgré l'accroissement de la porosité.

Nous avons préparé, il y a quelques années, par le procédé des pâtes molles, des briques composées d'une partie d'argile très plastique et de deux parties de silice globulaire de faible densité apparente. Ces briques, après chauffage à 1200°, ont une densité apparente de 1,1, et leur porosité est de 55 pour 100. Elles ont été laissées pendant plus de dix ans exposées à la pluie et aux gelées d'hiver; malgré leur grande porosité, elles sont restées intactes, car les colloïdes de l'argile et de la silice ont été entièrement pectisés à la température de 1200°.

Pour déterminer la gélivité des produits céramiques poreux on emploie ordinairement la méthode suivante :

Un fragment de la matière poreuse à expérimenter est plongé dans l'eau jusqu'à saturation, puis on le soumet à la température de — 15° pendant quelques heures, ensuite on le laisse revenir à la température normale. Ces opérations sont répétées vingt à vingt-cinq fois, et si l'objet a résisté, on admet qu'il n'est pas gélif.

A ces longues expériences nous avons substitué deux procédés plus rapides :

1° Le produit céramique poreux est concassé en petits morceaux qui sont chauffés à l'étuve à 120° pendant une heure. On met ensuite quelques fragments ainsi chauffés au fond d'un tube à essais bien sec et on les porte au rouge avec la flamme d'un bec Bunsen. Si la cuisson du produit a été complète il ne se dégage rien et il n'est pas gélif. Si la cuisson a été insuffisante et qu'il reste encore de l'argile non déshydratée dans le produit, celle-ci se déshydrate dans le tube à essais et il se dégage de la vapeur d'eau qui vient se condenser en gouttelettes vers la partie supérieure du tube à essais; ce produit est gélif.

2° L'autre méthode est basée sur les phénomènes de gel et de sol ([1]). Le

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 88.

produit céramique à expérimenter est broyé en poudre impalpable et l'on entraîne par lévigation les particules les plus fines que l'on recueille et qui vont servir aux essais. On les délaie dans l'eau de façon à former une bouillie épaisse, mais fluide, que l'on soumet aux réactifs appropriés : Si ces derniers provoquent les phénomènes de gel ou de sol, c'est la preuve que le produit céramique renferme encore de l'argile non décomposée par suite d'une cuisson insuffisante et il est gélif.

Du reste on est averti de la présence de l'argile libre au cours de la lévigation ; lorsque les particules fines, entraînées par l'eau de lévigation, tombent immédiatement au fond du récipient qui les recueille, elles ne contiennent pas d'argile non décomposée ; au contraire elles en contiennent si elles restent partiellement en suspension dans l'eau et tombent lentement au fond.

La méthode du tube à essais et celle du gel et du sol sont rapides et faciles à exécuter ; dans la pratique il est prudent de les employer toutes les deux pour la recherche de la gélivité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude magnétique de la forme stable des sesquioxydes de fer et de chrome.* Note de MM. **L. Blanc** et **G. Chaudron**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

L'un de nous [1] a étudié récemment le sesquioxyde de fer par l'analyse thermique ordinaire et l'analyse dilatométrique et constaté ainsi l'existence d'une seule transformation irréversible vers 400°, correspondant au phénomène de l'incandescence (passage de la variété instable à la variété stable). Or, dans un travail antérieur, M. R. Wallach [2] a observé que la susceptibilité magnétique du sesquioxyde de fer varie avec la température de recuit, les expériences ayant été faites jusqu'à 1000°.

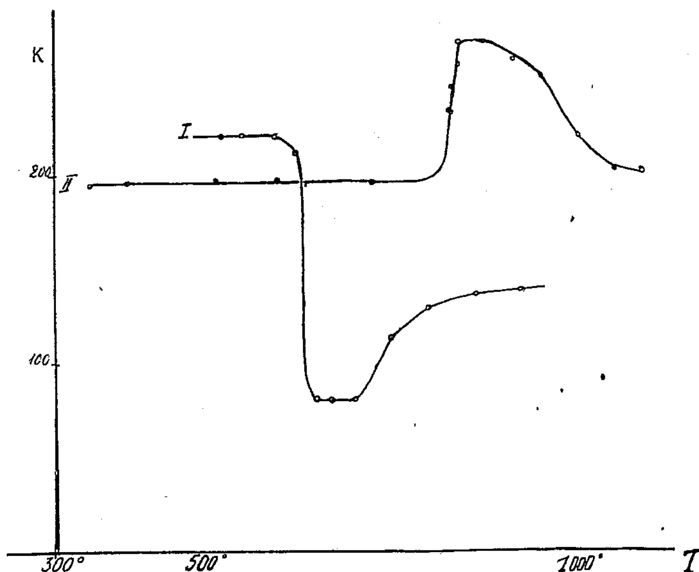
Nous avons repris ces mesures en partant des formes stables des sesquioxydes de fer et de chrome. L'oxyde de fer employé était préparé par décomposition à 500° du sulfate ou du nitrate; l'oxyde de chrome par réduction du bichromate de potasse au moyen du soufre.

Les mesures magnétiques ont été faites de la manière suivante : un tube de silice, qui contient l'oxyde à étudier, est étiré à sa partie supérieure en forme de crochet, ce qui permet de le suspendre dans une balance

(1) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 763 (en collaboration avec H. Forestier).

(2) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 49.

magnétique Curie-Chéneveau. Pour le recuit, on place le tube dans un four électrique réglé à 5° près. Toutes les 12 heures on mesure la susceptibilité, après refroidissement du tube. Les conditions restent donc toujours identiques. On répète la mesure jusqu'à valeur constante, puis on élève la température du four d'environ 20°. Les résultats obtenus sont indiqués sur



I. Variations de la susceptibilité magnétique de Fe^2O^3 (0g,19). — II. De Cr^2O^3 (0g,42). En abscisse, les températures; en ordonnées, les divisions de l'échelle de l'appareil Curie-Chéneveau.

la courbe I pour le sesquioxyde de fer et sur la courbe II pour le sesquioxyde de chrome.

La susceptibilité de l'oxyde de fer reste constante jusque vers 600° ; elle décroît alors brusquement, puis recommence à croître sensiblement vers 700°.

La susceptibilité de l'oxyde de chrome, après être demeurée constante, croît brusquement vers 800°, passe par un maximum, puis décroît plus rapidement à partir de 900°, enfin reprend sa valeur initiale à 1100°.

N'ayant pu, pas plus que M. Wallach, interpréter ces résultats, nous avons alors étudié une autre propriété physique de ces oxydes recuits; nous avons choisi la densité. La méhode suivie a été celle proposée récemment par M. Damiens (¹). Les tableaux suivants indiquent les résultats de ces mesures :

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, t. 35-36, 1924, p. 455.

I. — *Sesquioxyde de fer.*

Température de recuit.	Densité apparente.	Observations au microscope.
De 500° à 600°	4,910	gros grains
De 620 à 700	5,040	grains très fins
A 750	5,110	les grains grossissent
A 850	5,175	»

II. — *Sesquioxyde de chrome.*

Température de recuit.	Densité apparente.	Observations au microscope.
De 500° à 800°	5,013	gros grains
A 820	5,110	grains très fins
A 1000	5,130	les grains grossissent
A 1600	5,145	gros grains

Les gaz occlus et les gaz adsorbés (ces derniers partiellement éliminables par la méthode de M. Damiens) peuvent expliquer ces variations des densités; celles-ci croissent avec la température de recuit à partir de 600° pour l'oxyde de fer et de 800° pour l'oxyde de chrome, or nous avons observé pour ces températures un dégagement gazeux avec rupture des grains, correspondant au départ des gaz occlus; ensuite, en élevant la température, les grains très fins grossissent, phénomène bien connu, qui s'accélère vers 750° pour l'oxyde de fer et vers 1000° pour l'oxyde de chrome, ces oxydes ont alors un pouvoir adsorbant très faible, et la densité mesurée tend vers la densité vraie.

Les variations de la densité apparente de ces oxydes sont corrélatives de la finesse du grain; nous constatons qu'elles se font aux mêmes températures que les modifications de la susceptibilité magnétique, il y a donc lieu de penser que cette dernière mesure dépend de l'état d'agglomération de la matière.

On trouve un fait analogue dans les expériences de M. Maurain ([1]) sur les propriétés magnétiques des lames très minces de fer et de nickel obtenues par l'électrolyse; il a observé que l'aimantation est bien définie seulement quand l'épaisseur du dépôt atteint une certaine valeur.

([1]) *J. de Physique*, 4e série, t. 1, 1902, p. 151.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction des oxydes d'azote en présence des acides sulfurique et sulfureux.* Note (1) de M. **André Graire**, présentée par M. H. le Chatelier.

Les pertes en nitre, dans le procédé des chambres de plomb, ont été généralement imputées à des causes diverses, d'ordre mécanique ou chimique.

Les pertes chimiques sont dues principalement à des phénomènes de réduction qui amènent les oxydes supérieurs de nitre à l'état de protoxyde d'azote, d'azote, d'ammoniaque, d'hydroxylamine ou d'hydrazine. Ces pertes chimiques n'ont pu toutefois être clairement mises en évidence, en raison de l'imperfection des méthodes de dosage du protoxyde d'azote, et de l'impossibilité de distinguer, dans les gaz des chambres, l'azote atmosphérique de l'azote provenant de la décomposition des oxydes nitrés.

Il importe, tant au point de vue de la théorie du procédé des chambres que pour les besoins courants de la fabrication, de connaître le mécanisme de la réduction de l'oxyde nitrique, et les différents produits auxquels elle donne naissance.

A cet effet, des recherches quantitatives ont été instituées suivant la méthode indiquée dans des Notes précédentes. Si l'on introduit dans un nitromètre un acide sulfonitrique impur, la réduction des oxydes d'azote, par agitation de la liqueur au contact du mercure, ne va pas au delà du bioxyde, dans les conditions normales de température, de concentration et de teneur en fer des acides. Il est donc possible, en utilisant le sulfate ferreux comme solvant, d'obtenir une récupération complète des produits nitreux. Mais si l'on modifie les conditions des essais précédents, soit en diminuant la concentration des acides, soit en augmentant leur température, soit en y dissolvant une certaine quantité d'anhydride sulfureux, la récupération complète des oxydes d'azote ne peut plus être obtenue, par suite de la réduction dans la phase liquide, du bioxyde d'azote.

La même méthode permet de déterminer les produits de la réduction. Si la teneur en sulfate ferreux introduite est suffisante pour retenir entièrement, à la température de l'analyse, le bioxyde d'azote à l'état de sel

(1) Séance du 19 janvier 1925.

complexe, il ne pourra se produire, dans le nitromètre, aucun dégagement gazeux, sauf si la réduction va jusqu'à l'azote, qui sera ainsi mesuré. Le protoxyde d'azote restera, avec le bioxyde et les oxydes supérieurs, dissous dans la liqueur. Mais, par oxydation au permanganate de potassium de l'acide évacué du nitromètre, et réduction ultérieure par le chlorure ferreux, les oxydes récupérables de nitre seront seuls dosés, le protoxyde restant dissous dans la cuve à eau de l'appareil Schlœsing. On pourra donc ainsi établir le départ entre les oxydes utiles de l'azote, le protoxyde d'azote et l'azote.

L'influence du temps sur la réduction de NO par SO^2 est mise en évidence par la série d'essais suivants :

Série A. — On a introduit successivement dans le nitromètre 10^{cm^3} d'acide sulfonitrique (titrant 94,4 pour 100 SO^4H^2, $11^g,31$ de NO^3H au litre, puis, en superposant soigneusement les liqueurs, 10^{cm^3} d'eau bouillie, 5^{cm^3} d'une solution de sulfate ferreux ($48^g,7$ de fer au litre) et enfin 20^{cm^3} d'eau tenant en solution $0^g,400$ de sulfite neutre de sodium. On agite (100 agitations doubles) et abandonne la liqueur, à la température ordinaire (18°-21°), pendant des durées variables. On procède ensuite au dosage des composés azotés de la manière indiquée ci-dessus. Les résultats suivants ont été obtenus :

Durée de réaction (en heures).	NO restant.	N dégagé.	Réduction (pour 100).
0	40,12	0	0
2	35,76	0	10,8
5	33,60	0	16,2
16	29,05	0	27,5
27	28,10	0	29,9
41	24,84	0	38,0

La formation de protoxyde d'azote apparaît au cours d'une lente réaction qui intervient, semble-t-il, en phase liquide, entre le gaz sulfureux dissous et le bioxyde d'azote combiné aux sels de fer.

La dilution des acides sulfonitriques a pour effet d'augmenter la réduction du bioxyde d'azote. Cela résulte avec netteté des essais suivants :

Série B. — On a introduit successivement dans le nitromètre 10^{cm^3} d'acide sulfonitrique (94,4 pour 100 SO^4H^2 — $11^g,31 NO^3H$ au litre), puis 5^{cm^3} de sulfate ferreux, et enfin un volume variable d'une solution aqueuse contenant $0^g,400$ de sulfite de soude. Après agitation et abandon pendant 41 heures à la température ordinaire (18°-21°) on a analysé les liqueurs et déterminé la réduction des oxydes d'azote en fonction de la concentration sulfurique réalisée :

Concentration SO^4H^2 pour 100.	NO restant.	N dégagé.	Réduction (pour 100).
94,4	40,12	0	0
16,53	39,00	traces	2,7
49,69	39,46	»	1,6
43,26	38,87	»	3,1
38,36	37,99	»	5,3
34,48	31,20	»	22,2
31,32	24,84	»	38,1
26,42	23,05	»	42,5
19,12	26,77	»	33,2

On remarquera qu'aux faibles concentrations sulfuriques, la réduction semble moins accentuée que pour des acides à 30 pour 100 SO^4H^2. Cette anomalie paraît d'autant moins vraisemblable que la décoloration du sel complexe de fer et d'oxyde azotique, en liqueur diluée, est presque complète, indiquant par là une intense réduction de bioxyde d'azote. Il est donc à présumer qu'une partie de l'acide nitrique mise en œuvre est restée inaltérée, dans l'action du mercure, et que l'abaissement du taux de protoxyde d'azote tient uniquement à la diminution du volume libéré de bioxyde, qui est, comme nous l'avons montré ci-dessus, le corps intermédiaire de la réduction.

C'est ce que confirment les essais suivants :

Série C. — On a introduit dans le nitromètre 10^{cm^3} d'acide sulfonitrique, puis des quantités d'eau variables. La lecture du volume de bioxyde d'azote dégagé après 100 agitations a donné :

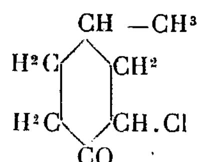
SO^4H^2 pour 100	94,4	38,36	31,32	26,42	22,80	19,12
NO dégagé (en cm^3)......	39,16	35,90	32,50	16,11	10,55	7,00

Il semble donc qu'on puisse, à la suite de ces différents essais, tirer la conclusion suivante :

La réduction du bioxyde d'azote par l'anhydride sulfureux croît avec la dilution de l'acide sulfurique. Elle est faible en présence d'acides à plus de 35 pour 100 SO^4H^2, mais augmente très rapidement lorsque la concentration s'abaisse de 35 à 25 pour 100. Le produit de la réaction a toujours été le protoxyde d'azote. La réduction jusqu'à l'azote n'a jamais été observée sauf peut-être à l'état de traces.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la chloruration de la para-méthyl-cyclohexanone.* Note [1] de MM. **Marcel Godchot** et **Pierre Bedos**, présentée par M. Haller.

En 1911, Kötz et Steinhorst [2] ont montré que la chloruration directe de la paraméthylcyclohexanone donnait naissance à la méthyl-1-chloro-3-cyclohexanone-4,



liquide auquel ces chimistes attribuèrent le point d'ébullition de 99°-100° sous 14^{mm}.

Dans le but d'effectuer quelques synthèses en partant de ce dérivé, nous avons été amenés, lors de sa préparation, à faire certaines observations qui seront l'objet de la présente Note.

I. Tout d'abord, la chloruration directe de la paraméthylcyclohexanone, telle que la réalisaient Kötz et Steinhorst, en présence d'eau et de carbonate de chaux, ne fournit qu'un rendement peu élevé en dérivé monochloré (43 pour 100), car on engendre en même temps une grande quantité de produits polychlorés. Nous avons pu, en particulier, isoler parmi ces derniers un composé solide, fusible à 98°-99°, répondant à la formule d'une paraméthylcyclohexanone dichlorée $C^7H^{10}OCl^2$, constitué par de longues aiguilles incolores et possédant une grande stabilité.

II. Les rendements en dérivé monochloré sont autrement élevés lorsqu'on utilise, comme agent de chloruration, la monochloro-urée, procédé déjà utilisé avec succès par M. Dœteuf [3] pour chlorer la cyclohexanone elle-même. 330^g de cétone nous ont fourni 180^g de dérivé monochloré et l'on récupère 87^g de méthylcyclohexanone non chlorée, ce qui donne un rendement de 75 pour 100.

III. La distillation dans le vide du dérivé monochloré nous a montré que, contrairement à l'assertion des chimistes allemands, son point d'ébul-

---

(1) Séance du 19 janvier 1925.

(2) *Annalen der Chemie*, t. **379**, 1911, p. 21.

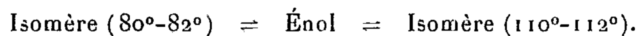
(3) *Bulletin de la Société chimique de France*, t. **31**, 1922, p. 102 et 177.

lition n'est pas constant. En effet le produit bout depuis 80° jusque vers 112° sous 12mm, tout en conservant la composition de la paraméthylcyclohexanone monochlorée. On constate qu'une grande partie du produit passe à la distillation vers 80°-82° tandis qu'une autre fraction importante bout vers 110°-112°. La première a pour densité à 18°, 1,0994 et pour indice de réfraction par rapport à la raie D, et à la même température, 1,4705 (R. M. trouvée, 37,25; calculée pour $C^7H^{11}OCl$, 37,35); la deuxième a pour densité à 18°, 1,0749 et pour indice à 18°, 1,4649 (R. M. trouvée 37,66).

Le fait intéressant d'obtenir deux dérivés monochlorés s'explique très bien par l'existence possible de deux stéréoisomères cis et cis-trans, prenant tous les deux naissance dans la réaction de chloruration.

IV. Il y a plus. Si l'on abandonne quelques semaines à la température ordinaire l'un ou l'autre des deux stéréoisomères, on constate que leur point d'ébullition réciproque a varié. Celui qui bouillait vers 80°-82° s'est transformé en grande partie en celui bouillant vers 110°-112° et le deuxième distillant initialement vers 110°-112° s'est partiellement transformé, mais en proportions moindres que précédemment, en celui à point d'ébullition 80°-82°.

Nous avons donc là une transformation très nette d'un stéréoisomère dans un autre. Comment s'est-elle effectuée? Ayant remarqué que ces dérivés chlorés avaient une tendance assez marquée à l'énolisation, 7 pour 100 d'énol dans les parties les plus énolisées et recueillies dans les fractions passant le plus haut à la distillation, moins de 1 pour 100 dans le produit global avant distillation, nous estimons que l'énol, qui ne peut exister que sous une seule forme, sert de terme de passage entre les deux stéréoisomères et que l'équilibre qui s'établit peut être représenté ainsi :

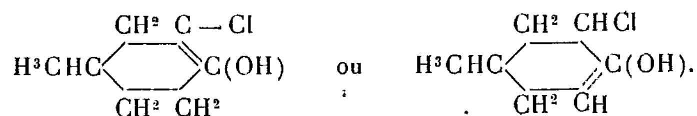


Cette transformation d'un isomère l'un dans l'autre peut du reste être activée par l'action de la chaleur; en tube scellé, dans le vide, à 100°, la proportion de l'isomère 80°-82° qui s'est transformée, en 24 heures, en son stéréoisomère, atteint près de 50 pour 100.

On constate aussi que cette transformation se réalise plus rapidement que l'inverse et, finalement, le composé (110°-112°) prédomine de beaucoup dans le mélange final.

Quant à la facilité d'énolisation de la *p*-méthylcyclohexanone chlorée, nous devons l'attribuer à la présence dans la molécule d'un atome de chlore

en ortho par rapport au groupe CO, la constitution de l'énol pouvant être représentée par l'úne ou l'autre des deux formules suivantes :



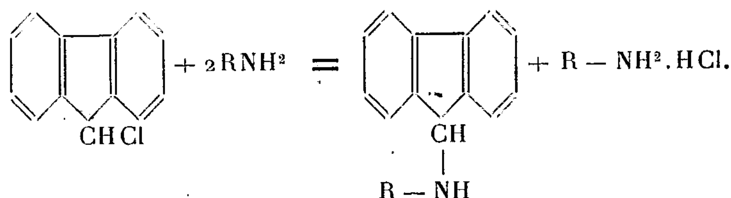
Nous avons du reste vérifié que la cyclohexanone monochlorée possédait aussi le pouvoir de s'énoliser. Abandonnée à elle-même pendant un certain temps, elle donne, comme son homologue méthylée, une coloration intense avec le perchlorure de fer.

Nous nous proposons de continuer nos recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses de 9-fluorénylamines*. Note (¹) de MM. **Ch. Courtot** et **P. Petitcolas**, présentée par M. A. Haller.

L'un de nous a montré l'extrême mobilité de l'atome d'halogène en α, dans les dérivés indéniques (²) et indaniques (³), par rapport à l'ammoniac, aux amines grasses et aromatiques: ce qui conduit à une synthèse pratique d'α-indénylamines et d'α-indanylamines.

Une mobilité analogue de l'halogène était à prévoir dans les 9-halogénofluorènes. La présente Note est relative à la condensation du 9-chlorofluorène avec la diéthylamine, l'aniline, la paratoluidine, la paranitraniline et l'α-naphtylamine. L'équation de la réaction est la suivante :



De ce groupe, seule la phényl-9-fluorénylamine est connue : Staudinger (⁴) la prépare par action du diphénylènediazométhane sur l'aniline.

L'ammoniac anhydre réagit d'une façon particulière sur le 9-chlorofluo-

(¹) Séance du 19 janvier 1925.

(²) *Revue générale des Sciences*, t. 34, 1923, p. 614.

(³) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 536, et t. 178, 1924, p. 493.

(⁴) *Berichte*, t. 49, 1916, p. 1954.

rène : à côté de la difluorénylamine de Curtius et Kof (1), on obtient en quantité notable le beau carbure rouge de Graebe, le dibiphénylènéthène. Il se forme seulement des traces d'amine primaire.

Fluorènylphénylamine. — 1^g de 9-chlorofluorène (1^{mol}) est additionné de $0^g,93$ (2^{mol}) d'aniline sèche. On chauffe quelques minutes à 50-60° pour avoir une solution complète, puis on abandonne plusieurs heures à température ordinaire. Il se produit une abondante cristallisation. On traite par le benzène anhydre, on essore les cristaux de chlorhydrate d'aniline ($0^g,6$). Après distillation du benzène, on obtient une masse cristalline qui, reprise par l'alcool à chaud, donne de fines aiguilles, parfaitement incolores (f. 121°), identiques à celles obtenues par Staudinger.

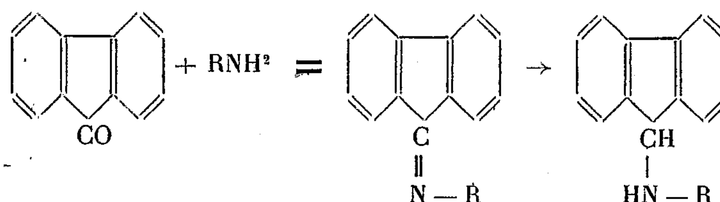
Fluorènylparatolylamine. — Cette base se prépare comme la précédente. Elle forme des aiguilles brillantes, incolores (f. 124°).

Fluorènylparanitrophénylamine. — La condensation du 9-chlorofluorène avec les amines nitrées s'effectue à 140-145°. Avec la paranitraniline, on obtient une base qui, recristallisée de l'éther, se présente en aiguilles jaunes fusibles à 225°.

9-*Fluorènyl-α-naphtylamine.* — La réaction a lieu au bain-marie et la séparation s'effectue comme pour la fluorènylphénylamine. La base secondaire, recristallisée de l'alcool, forme des aiguilles agglomérées en flocons légèrement rosés (f. 172°).

Le 9-chlorofluorène, employé dans ces synthèses, a été préparé par la méthode de Kliegl (2). Le 9-bromofluorène donne exactement les mêmes réactions ; il se prépare aussi facilement par action d'une solution concentrée de HBr sur le fluorénol.

Nous sommes encore arrivés aux fluorénylamines secondaires par formation des cétimines *n*-substituées de la fluorénone, d'après le procédé de Reddelien (3) : condensation de la fluorénone avec les bases primaires, sous l'action du chlorure de zinc. On réduit ensuite ces cétimines substituées en milieu ammoniaco-alcoolique :



Bien que la méthode de synthèse des fluorénylamines à partir des 9-halogénofluorènes soit plus générale que celle prenant pour matières premières les cétimines, cette dernière, dans quelques cas particuliers, est préférable.

(1) *Journ. für prakt. Chem.*, t. 86, 1912, p. 129.
(2) *Berichte*, t. 43, 1910, p. 2493.
(3) *Berichte*, t. 43, 1910, p. 2479.

C'est ainsi que le 2-amino-9-chlorofluorène donne avec l'aniline une réaction complexe, sans que nous ayons réussi jusqu'à présent à isoler la 2-aminofluorényl-9-phénylamine, tandis que l'anile provenant de la condensation de la 2-nitrofluorénone avec l'aniline (très belles aiguilles orangé, f. 141°) conduit par réduction du chromophore azométhine et du groupe nitro, à la 2-aminofluorényl-9-amine, très fines aiguilles feutrées, encore faiblement jaunes après plusieurs cristallisations, fusibles à 151-152°.

Nous poursuivons l'étude de cette série de bases fluoréniques et nous réservons l'examen de leurs propriétés chromogéniques.

MINÉRALOGIE. — *Description d'un minéral nouveau : la* dussertite. Note de M. J. **Barthoux**.

Le minéral dont la description suit provient du Djebel Debar, montagne s'élevant au nord-est de Hammam Meskhoutine, province de Constantine, et connue pour l'argile blanche (*halloysite*) qu'on en retire ou la présence de roches arsenicales, imprégnées de scorodite, extraites pour l'arsenic. Ce corps, autrefois négligé, est actuellement très recherché par l'Amérique qui l'utilise dans le traitement d'un parasite du coton.

Les gîtes sont répartis au milieu de calcaires et de grès crétacés; ce sont des amas irréguliers dont la présence est révélée par des lichens jaunes localisés sur les roches arsenicales. En parcourant les travaux effectués pour délimiter ou rechercher les différents gîtes, mon attention fut attirée par une roche verdâtre le plus souvent scoriacée, qui devait sa coloration à une imprégnation intense de cristaux verts visibles seulement à la loupe, et rappelant, densité et éclat mis à part, certaines mimétites vertes.

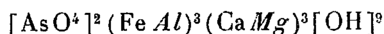
Le minéral apparaît aussi en croûtes ou en petits amas finement cristallins superposés à du quartz lamelleux et spongieux, comme corrodé. Les deux minéraux sont d'ailleurs si intimement réunis qu'il est impossible de détacher des fragments suffisamment purs de dussertite pour l'analyse. Aux endroits en apparence les plus minéralisés, la teneur en silice insoluble était encore de 5,3 pour 100. Cette impureté mise de côté, voici la composition du minéral, déduite par conséquent d'une analyse globale :

As^2O^5	31,90
Fe^2O^3	31,24
FeO	0,52
CaO	22,03
Al^2O^3	2,37
MgO	0,34
SO^3	1,08
Cl	tr.
H^2O	10,61
Total	100,09

Plusieurs analyses conduites parallèlement ont montré des variations constantes de teneurs en magnésie, alumine et chlore. Ce dernier n'existe parfois qu'en traces. La variation de la magnésie est semblable, mais en sens inverse, à celle de la chaux. Dans deux cas extrêmes, l'un représenté par l'analyse ci-dessus, l'autre accusant 2,88 pour 100 de magnésie, on constate que la somme des molécules CaO + MgO est la même.

La courbe de déshydratation en fonction de la température n'a pas été dressée : elle ne peut être instructive qu'à condition de pouvoir être comparée à celle des minéraux voisins, documentation qui reste à élaborer. Mais après 4 heures de dessiccation à 120°, la quantité d'eau hygroscopique n'a pas dépassé 0,3 pour 100. La température ayant été portée sans transition à 700°, la perte de poids a atteint 9,3 pour 100 et s'est élevée à son maximum 9,8 pour 100 à 1000° (soit 10,61 pour 100 en tenant compte que 7,6 pour 100 de quartz résiduel n'entrent pas dans la composition du minéral).

La formule exprimant la composition de ce minéral est la suivante :



$$[AsO^4]^2(Fe\,Al)^3(Ca\,Mg)^3[OH]^9$$

montrant une espèce voisine de l'arséniosidérite, ce que confirment encore les propriétés du minéral, sa biréfringence exceptée.

La densité est 3,75, la dureté 3,5. Il est rhomboédrique ou hexagonal, sans forme extérieure nette. La valeur des indices est comprise entre 1,80 et 1,88; la biréfringence est voisine de 0,012; le minéral est optiquement négatif. La coloration, en section mincé, est vert jaunâtre; le polychroïme est sensible, dans les mêmes teintes, un peu plus pâle suivant n_p que suivant n_g.

Les cristaux, de l'ordre de grandeur du quart de millimètre sont aplatis suivant la base, donc allongés dans la direction n_g. Aucun clivage n'est visible même au microscope.

La dussertite est soluble dans l'acide chlorhydrique étendu; dans le même acide concentré, elle ne se dissout que partiellement, laissant un résidu blanc d'arseniate de chaux.

Ce minéral est dédié à M. Dussert.

Au milieu des arséniates du Djebel Debar, on trouve de très beaux cristaux de jarosite bruns, transparents, aplatis sur a^1, et présentant la combinaison $p(10\bar{1}1)$, $a^1(0001)$, $e^1(02\bar{2}1)$.

GÉOLOGIE. — *Le problème du Trias de l'Avallonnais et de l'Auxois.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Pierre Termier.

D'après les travaux de Collenot, on avait, dans l'Auxois et dans l'Avallonnais, attribué au Trias supérieur de type germanique, un ensemble d'arkoses et de grès plus ou moins grossiers, entremêlés d'argiles bariolées souvent silicifiées et présentant quelques traces de gypse.

Collenot décrivait ces dépôts comme une formation transgressive (¹), reposant sur le granite ou en discordance sur le Carbonifère, et recouverte, en quelques rares points, soit par le Rhétien, soit par la lumachelle hettangienne. Il la considérait comme entièrement privée de fossiles, abstraction faite d'un débris végétal qu'il avait recueilli dans les grès près de Semur, au ru de Cernant. Ch. Vélain découvrit ensuite dans ces mêmes grès une faune de Bivalves mal conservés, appartenant à la zone à *Avicula contorta :* il classa alors dans le Rhétien, malgré les opinions opposées de Collenot et Levallois, toutes les formations dites triasiques de l'Auxois; mais tout en considérant ensuite la question comme non résolue (²), il ne maintint, sur la feuille Avallon au 80000ᵉ (1884), dans le Keuper que celles de l'Avallonnais.

L'incertitude de cette attribution à deux périodes différentes d'une formation d'abord considérée comme unique, ainsi que le caractère spécial de ce Trias supérieur, ont particulièrement retenu mon attention. L'étude détaillée des affleurements triasiques de cette région, qui sont très rares, et se présentent en lambeaux isolés et restreints, d'épaisseur très variable, souvent peu nets, m'a conduit néanmoins à la conclusion qu'il s'agit bien,

(¹) Collenot a signalé sa transgressivité même sur les hauteurs du Morvan à 650ᵐ d'altitude.

(²) Soc. Géol. de Fr.. Réun. extraord. à Semur en 1879 (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 3ᵉ série, t. 7, 1882, p. 811 et suiv.).

ainsi que l'estimait Collenot, d'une seule et même formation, présentant simplement quelques variations de facies, dues surtout à une plus ou moins grande silicification. Ce dernier phénomène atteint en effet son maximum dans l'Avallonnais, où l'arkose de base se transforme en une sorte de meulière très siliceuse; il s'atténue considérablement dans l'Auxois, où il ne se traduit que par la présence de quelques filons et amas siliceux, tandis que les argiles prennent un plus grand développement. Je n'y ai, pas plus que Collenot, trouvé de restes organiques, sauf en un point, près de Semur, où les grès m'ont fourni quelques fragments de Lamellibranches indéterminables.

Mais, contrairement aux observateurs précédents et malgré mes patientes recherches, *je ne puis en aucun point affirmer la superposition à cette formation ni du Rhétien bien défini, ni de la lumachelle hettangienne, ni d'ailleurs d'aucun autre terrain. J'ai même constaté une indépendance stratigraphique complète entre ce Trias et le Lias.* En effet, partout où le contact entre la lumachelle et le soubassement granitique est nettement visible, ce contact s'opère toujours directement, sans l'intermédiaire d'aucune intercalation de ce Keuper. On ne peut invoquer, pour expliquer l'absence de celui-ci, ni l'effet de l'érosion, ni sa transgressivité moins prononcée sur les massifs anciens que celle du Lias : en effet, d'une part on le trouve reposant au voisinage immédiat de ces derniers terrains précisément sur des points élevés granitiques et carbonifères, et d'autre part on ne l'observe jamais sous les couches liasiques qui bordent périclinalement le massif granitique sur son pourtour septentrional.

Il résulte donc de mes observations que cette formation se rencontre superposée soit au granite soit au Carbonifère, mais qu'elle n'est jamais recouverte par aucune autre formation permettant de lui assigner stratigraphiquement une limite supérieure. D'autre part, l'absence dans ces dépôts de fossiles déterminables, leur caractère lithologique particulier, leur silicification souvent intense, peu conforme au Keuper typique, l'ampleur singulière que présenterait ici la transgressivité de ce Keuper toujours régressif ailleurs, l'absence, dans toute la région, du Muschelkalk, sembleraient à première vue s'opposer à une assimilation avec le Trias supérieur germanique. *De plus, le double paradoxe de la conservation de ces argiles sur certains points élevés des terrains anciens où toute la couverture secondaire, y compris même le Lias silicifié résistant, a été enlevée, et de leur absence entre le granite et le Lias dans des endroits où cette couverture encore existante eût*

précisément dû les protéger, fait encore ressortir le caractère singulier de cette formation triasique.

Mais son raccordement vers l'Est avec le Keuper lagunaire typique de la Côte-d'Or, bien développé et dépourvu de traces de silicification, a été déjà démontré par Collenot. En outre, vers le Sud, les affleurements triasiques du Charolais la relient au Trias de l'Ardèche, qui nous montre un Keuper semblable à celui de la feuille d'Avallon, mais dont l'âge a pu être établi avec certitude grâce à l'existence du Trias moyen fossilifère qui lui est localement subordonné.

Enfin et surtout la comparaison avec les formations nettement triasiques de la bordure sud-est du Plateau Central nous montre une similitude frappante entre les dépôts keupériens de ces deux régions extrêmes. En effet, non seulement l'on retrouve dans le Keuper de la région d'Alais les mêmes caractères lithologiques et paléontologiques, mais encore une situation stratigraphique identique. Aussi l'allure de ce Trias, singulièrement « indépendant » du reste, de la série mésozoïque avait déjà frappé Ém. Dumas.

Il s'ensuit donc que le Keuper de l'Avallonnais et de l'Auxois, malgré son caractère aberrant et sa situation stratigraphique particulière, se rattache intimement à toute la bordure triasique orientale et sud-orientale du Plateau Central, et que par suite son âge ne peut être mis en doute.

Mais la situation indépendante de ces formations triasiques ne permet pas de les compter au nombre de celles qui constituent la série normale des terrains secondaires empiétant transgressivement sur les abords granitiques du Morvan, et conduit à supposer l'existence d'une anomalie tectonique. On serait ainsi amené à cesser de considérer comme entièrement autochtone cette partie nord-est du Plateau Central, qui comprend le bassin houiller de Sincey et où j'ai déjà signalé le recouvrement du Houiller par le gneiss, et à regarder comme des témoins épars d'une nappe ces singuliers lambeaux, pseudo-transgressifs sur les points élevés anciens du Morvan.

Un problème semblable à celui qui s'est posé pour le Trias du Gard (1) se poserait alors également ici, et la remarquable similitude d'allure des formations keupériennes de l'une et de l'autre région pourrait être en relation avec une analogie de style tectonique.

---

(1) P. Termier, *Le Bassin houiller du Gard. Problèmes résolus. Problèmes à résoudre* [*B. S. G. F.*, 4e série, t. 23, (1923), 1924, p. 495].

BOTANIQUE. — *Limite de la végétation en profondeur de quelques plantes submergées du lac d'Annecy.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La profondeur au delà de laquelle la végétation submergée des lacs cesse de se développer est une donnée excessivement variable. Elle change parfois du simple au double suivant les lacs qui ont été explorés.

Dans le lac Léman, Forel (¹), qui a fait une étude minutieuse des fonds, donne les limites suivantes : les grandes Phanérogames s'arrêtent à 5 ou 6ᵐ, les *Chara* à 10ᵐ, les Nitelles à 20 ou 25ᵐ. Enfin il signale le fait très étrange, mais encore isolé et non expliqué, d'une mousse lacustre, le *Thamnium Lemani* de Schnetzler, par 60ᵐ de profondeur dans le Léman à Yvoire. Cette mousse serait en belle végétation et se reproduirait à cette profondeur.

Dans le Bodensee, Schröter et Kirchner (²) donnent les limites suivantes : 6ᵐ pour les Phanérogames, 30ᵐ pour les Characées.

A. Magnin, dans les lacs du Jura (³), ne trouve plus de grands végétaux au delà de 13ᵐ. Ce sont les Characées qui descendent jusqu'à cette profondeur; plus bas, la flore profonde ne comprend plus que des microphytes (algues inférieures et diatomées).

M. Witold Stavinski vient de fournir des précisions intéressantes au sujet des lacs polonais. D'après lui, les associations d'hydrophytes se répartissent ainsi en profondeur :

Phragmiteto-Scirpetum...........	de 0ᵐ à 3ᵐ
Nymphæto-Nupharetum...........	de 3 à 3ᵐ,50
Potamogetonetum................	de 3ᵐ,50 à 6ᵐ
Characeetum....................	de 6 à 12ᵐ

Cette disposition des associations correspond presque exactement à celle qu'a indiquée A. Magnin pour les lacs du Jura (⁴).

Pour le lac d'Annecy, M. Le Roux (⁵), à qui l'on doit un important travail sur la biologie lacustre, donne la profondeur de 8ᵐ comme limite vers le

(¹) Forel, *Le Léman.*
(²) Schroter et Kirchner, *Die Vegetation des Bodensees*, 1896.
(³) Magnin, *Les lacs du Jura*, 1895.
(⁴) Witold Stavinski, *Zielone Jeziora pod Wilnem.* Wilno, 1924.
(⁵) M. Le Roux, *Recherches biologiques sur le lac d'Annecy*, 1907.

bas de l'association des Characées. Au delà de cette limite bathymétrique, la vie végétale ne serait représentée sur le limon du fond que par des microphytes.

Ce sont les Characées, on le voit, qui vivent aux plus grandes profondeurs dans les eaux douces. J'ajoute que, d'après l'abbé Hy, on a trouvé le *Nitella flexilis* Agardh dans le lac Pavin, où il forme la dernière zone végétale par 14^{m} de profondeur.

J'ai recherché quels étaient les points extrêmes occupés par la végétation dans le lac d'Annecy, en opérant surtout dans le petit lac, c'est-à-dire dans la région qui s'étend du Roc de Chère au bout du lac.

Le dispositif de récolte que j'ai utilisé était très simple : il comprenait un grappin en fer à quatre branches, que l'on descendait au fond au moyen d'une cordelette de 50^{m} de longueur. Cette longueur était suffisante, puisque l'on devait opérer par des fonds de 30^{m} au plus. Afin que le grappin morde sur le fond en toutes circonstances, il avait été alourdi par une masse de plomb fixée sur la base du câble.

Plus de 100 dragages ont été effectués avec cet appareil en différentes régions du petit lac. Ce sont les Characées qui ont été récoltées aux plus grandes profondeurs et, parmi elles, ce sont les Nitelles qui descendent le plus bas. Mais certains *Chara* peuvent vivre aussi dans des régions de faible profondeur, au niveau des *Phragmites* et des *Scirpus*. Le rivage du lac est très remarquable par sa forte pente qui atteint couramment 50 et 100 pour 100, ce qui restreint en bien des points les étendues accessibles aux grands végétaux. Souvent les *Scirpus* et les *Phragmites* qui ne dépassent guère 3^{m} en profondeur, ne peuvent former qu'un mince peuplement ou même disparaissent entièrement. Mais partout, le long des berges, les Characées abondent, depuis les faibles profondeurs jusqu'à une limite vers le bas, qui ne peut être reconnue qu'au moyen de sondages.

La profondeur limite a été observée à 23^{m}. Il n'est pas rare de trouver à cette profondeur des touffes encore très abondantes de Nitelles à l'état pur. Ces Nitelles ont une couleur verte tout à fait normale; certaines, qui étaient fructifiées, ont été reconnues comme des *Nitella syncarpa* Kützing. Les *Chara* vivent moins profondément que les Nitelles; je ne les ai pas récoltés au delà de 20^{m}. Ceux que j'ai récoltés sont des espèces déjà observées dans le lac et citées sans indication de profondeur par M. Le Roux. L'une des espèces les plus communes est le *Chara aspera* Willd var. *curta*, qui abonde sur tous les rivages à très faible profondeur ou par des fonds moyens, mais sans dépasser 10 à 12^{m}. Le *Chara ceratophylla*

Wallroth est presque aussi commun, mais il vit en général par des fonds plus élevés, de 5 à 20^m; il est très abondant et forme des fourrés épais par 10 à 15^m de profondeur. Le *Chara fœtida* Braun, moins répandu, se tient entre 10 et 15^m.

Parmi les Phanérogames submergés ou hydrophytes, l'une des plus fréquentes est le *Naias major* qui accompagne les *Chara* jusqu'à 12 et 15^m et peut-être plus bas encore. L'*Elodea canadensis* dont l'introduction dans le petit lac est récente, puisqu'il n'est pas cité par M. Le Roux, végète avec prédilection dans les eaux peu profondes, mais sa limite vers le bas ne peut pas être évaluée à l'œil (la visibilité est de 4 à 5^m au maximum); par dragage, on la trouve vers 10 à 12^m de profondeur au plus.

Les autres végétaux submergés tels que les *Myriophyllum*, *Ceratophyllum*, *Hippuris*, etc. sont représentés en plusieurs points du lac sans y former de peuplements très denses et les dragages un peu profonds ne les rencontrent jamais.

Les plantes supérieures ne sont pas les seules capables de vivre dans la lumière atténuée des profondeurs. J'ai récolté par 20^m de fond une Vauchérie stérile mais d'une végétation vigoureuse. En deux points du lac, dans la baie de Duingt et dans la baie de Talloires, cette algue avait une végétation abondante, mais elle était cantonnée sur une surface assez restreinte. C'est un habitat particulier, car beaucoup de Vauchéries se rencontrent d'ordinaire sur la terre humide des fossés ou sur les vases littorales. On doit s'étonner d'une pareille station, d'autant plus que les bords du lac sont pauvres en algues et que les Vauchéries ne paraissent pas y exister. Je n'ai pas trouvé mention de faits du même genre dans les travaux des limnologistes. Cette Vauchérie devra être recherchée dans d'autres lacs par des fonds de 18 à 20^m.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la pluralité des produits de la photosynthèse déduite de l'étude des échanges gazeux entre l'atmosphère et la plante entière.* Note (¹) de M. **P. Mazé**, présentée par M. E. Roux.

Boussingault a montré que le rapport des poids d'hydrogène et d'oxygène qui entrent dans la composition de la plante verte est supérieur à $\frac{1}{8}$. Si par conséquent la photosynthèse ne forme que des hydrates de

(¹) Séance du 12 janvier 1925.

carbone, l'organisation de la matière végétale est, dans son ensemble, accompagnée d'une perte d'oxygène.

Les remarquables recherches de Bonnier et Mangin, de Dehérain et Moissan, de Dehérain et Maquenne, et celles plus récentes de MM. Maquenne et Demoussy, indiquent que cette perte peut être attribuée aussi bien à la respiration qu'à la photosynthèse.

Si l'on examine de préférence les résultats fournis par l'étude des échanges gazeux chez la plante entière, on peut montrer que l'abaissement du taux de l'oxygène dans la plante est dû surtout à l'assimilation photosynthétique et qu'il doit se former, sous l'action de la lumière, d'autres composés que les hydrates de carbone, globalement plus pauvres que ces derniers en oxygène.

Voyons d'abord les échanges gazeux dus à la respiration seule. J'ai consigné dans le Tableau I les résultats que j'ai obtenus il y a des années en étudiant les échanges gazeux chez un oomycète l'*Eurotiopsis Gayoni*, cultivé en milieu minéral additionné d'un seul aliment carboné ([1]). En regard des valeurs du quotient respiratoire, j'ai placé celles du rapport pondéral $\frac{H}{O}$, ce dernier ayant été déterminé par l'analyse élémentaire de mycéliums recueillis sur des cultures autres que celles qui ont servi à l'étude de la respiration.

TABLEAU I.

Nature de l'aliment carboné.	Valeurs de $\frac{CO^2}{O^2}$.	Valeurs du rapport $\frac{H}{O}$	
		dans l'aliment.	dans le mycélium.
Saccharose.......	1,17	1/8	1/3 1/4,6
Acide lactique....	1,07	1/8	1/6
Glycérine........	0,83	1/6	1/5,5
Alcool éthylique..	0,508	1/2,6	1/4,2 1/5,1 1/6

Ces chiffres indiquent que le quotient respiratoire est plus ou moins grand que 1 suivant que $\frac{H}{O}$ dans l'aliment est plus ou moins grand que dans le mycélium qui en dérive; et comme il ne s'agit que de combustion respiratoire, la règle s'applique aussi aux végétaux supérieurs; mais la respiration portant chez ces derniers sur un ensemble de composés, plus ou moins riches en oxygène, c'est la variation qui est la règle et tous les résultats observés peuvent être vrais, mais seulement dans les conditions où ils ont été enregistrés.

([1]) P. MAZÉ, *Annales de l'Inst. Past.*, t. 16, 1902, p. 195, 346 et 438.

En 1893, M. Schlœsing fils a déterminé la totalité des échanges gazeux au cours du développement du Cresson à larges feuilles (*Lepidium sativum* L.) et de la houlque laineuse (*Holcus lanatus* L.) (1). Les résultats, les seuls à ma connaissance qui portent sur une longue période de végétation, présentent un grand intérêt en raison de leur force probante. Les valeurs de $\frac{CO^2 \text{ absorbé}}{O^2 \text{ dégagé}}$ qu'il a obtenues sont les suivantes :

		Houlque.				
	Cresson.	I.	II.	Valeurs mensuelles.		
$\frac{CO^2}{O^2}$	0,75	0,82	0,87	0,88	0,91	0,89
Rapport inverse $\frac{O^2}{CO^2}$..	1,33	1,22	1,25	1,14	1,10	1,12

Ces rapports qui représentent la résultante des échanges diurnes et nocturnes sont plus élevés que tous ceux qui ont été enregistrés suivant les autres méthodes.

Il est facile maintenant, en partant des valeurs possibles du quotient respiratoire et de celles de la résultante des fonctions respiratoires et photosynthétiques observées à la lumière, de calculer les valeurs du rapport d'assimilation A dues à la lumière seule. Dans ce calcul, il importe de tenir compte du fait que la respiration consomme, tout bien considéré, $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{40}$ de ce que la feuille élabore en lumière favorable (2).

Posons donc $\frac{O^2}{CO^2} = \frac{a}{b} = m$, $\frac{CO^2}{O^2} = \frac{c}{d} = n$ ($m > 1$ et $0,6 < n < 1,2$).

Le rapport d'assimilation A peut alors s'écrire $A = \frac{a+d}{b+c}$, d étant l'oxygène absorbé, et c le CO^2 dégagé par la respiration.

Si l'on fait, en outre, $a = pc$, $10 < p < 40$ suivant Kreusler, on peut calculer A en fonction des trois données expérimentales m, n, p. On a, en effet, $a = pc$, $b = \frac{a}{m} = \frac{pc}{m}$, $d = \frac{c}{n}$.

En introduisant ces valeurs dans A, il vient

$$A = \frac{(pn+1)m}{(p+m)n}.$$

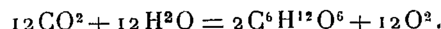
On remarquera que A est supérieur ou inférieur à m suivant que le produit mn est inférieur ou supérieur à 1.

(1) Th. Schlœsing, *Annales de l'Inst. Past.*, t. 7, 1893, p. 28, et *Comptes rendus*, t. 131, 1900, p. 716.

(2) Kreusler, *Landwirtschaft. Jahrb.*, vol. 14, 1885, p. 952.

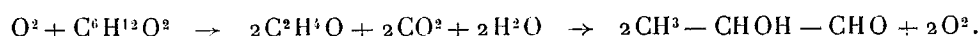
Si l'on fait les calculs avec les données numériques possibles, on trouve pour A des valeurs très voisines de *m* et par conséquent supérieures à 1, ce qui signifie qu'il y a toujours plus d'oxygène libéré qu'il n'y en a dans CO^2 décomposé.

Les processus chimiques de la photosynthèse tels que je les ai déduits de l'étude des corps qui se forment dans les feuilles insolées mettent en évidence l'excédent de O que révèle l'expérience (1). On a, en effet,



$$12\,CO^2 + 12\,H^2O = 2\,C^6H^{12}O^6 + 12\,O^2.$$

Une fraction plus ou moins importante de ce sucre, mettons $\frac{1}{2}$ pour fixer les idées, peut subir les transformations suivantes :



$$O^2 + C^6H^{12}O^2 \rightarrow 2\,C^2H^4O + 2\,CO^2 + 2\,H^2O \rightarrow 2\,CH^3 - CHOH - CHO + 2\,O^2.$$

Sur $12\,CO^2$ empruntés à l'air, il y a donc $12\,O^2 - O^2 + 2\,O^2 = 13\,O^2$ mis en liberté, et $\frac{O^2}{CO^2} = \frac{13}{12} = 1{,}08$.

Dans le présent exemple, l'excédent vient indirectement de l'eau; il peut provenir de l'acide nitrique comme l'a prouvé M. Schlœsing fils (*loc. cit.*), et il est probable qu'il peut avoir d'autres origines.

De l'ensemble de ces faits, on peut maintenant déduire les conclusions suivantes :

1° Le rapport d'assimilation photosynthétique est toujours supérieur à 1. Ce résultat peut tenir à ce que les produits de la photosynthèse comprennent en dehors des hydrates de carbone des corps plus réduits que ces derniers.

2° L'ensemble de ces produits étant globalement moins riches en O que les hydrates de carbone, la respiration peut fixer de l'oxygène dans les plantes tout en permettant que le rapport du poids de l'H au poids de l'O soit supérieur à $\frac{1}{8}$.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le vacuome d'*Erysiphe graminis *D. C.* Note de Mlle **Sara Bache-Wiig**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'emploi des colorations vitales à l'étude du vacuome de la cellule végétale a conduit à cette conception (2) que les vacuoles n'apparaissent jamais

(1) P. Mazé, *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 173.

(2) Pierre Dangeard, *Recherches sur l'appareil vacuolaire dans les végétaux, avec bibliographie complète du sujet* (*Le Botaniste*, 15e série, 1923, p. 1-267).

de *novo* au sein du cytoplasme et qu'il s'agit d'éléments permanents de la cellule au même titre que le noyau, les plastes et les cytosomes [1] : une conclusion de cette importance ne saurait s'appuyer sur un trop grand nombre d'observations: celle que nous apportons ici s'applique à l'*Erysiphe graminis* D. C.

Cette espèce s'est montrée très favorable à une étude sur le vacuome, à cause de la taille relativement grande de ses hyphes et de ses conidies, et à cause de la facilité avec laquelle ce champignon prend la coloration vitale par le bleu de crésyl. Dans le mycélium et dans toutes les cellules de l'appareil conidiophore, il y a des éléments qui se colorent vitalement par ce colorant. Donc, *il existe un vacuome à tout stade de développement d'une conidie.* Mais ce vacuome a des formes diverses.

Dans les hyphes d'*Erisyphe graminis*, les vacuoles sont grandes et peu nombreuses par cellule, sauf dans les extrémités qui paraissent être en voie de croissance où les vacuoles sont plus petites et plus nombreuses.

Le renflement, qui constitue un jeune conidiophore, de même que les extrémités des hyphes dont nous venons de parler, montre un nombre élevé de petites vacuoles. Il semble donc qu'un nombre considérable de petites vacuoles soit lié à un état de croissance de la cellule.

La cellule basale des conidiophores plus développés montre tantôt des vacuoles grandes et de moyenne taille, tantôt de grandes vacuoles dans la partie renflée et de nombreuses vacuoles très petites dans la partie supérieure tubulaire. Nous pensons que cette différence correspond à une différence d'état d'activité de ces cellules. Dans le cas où la formation d'une cellule génératrice se prépare, il y aura de petites vacuoles dans le tube.

Quant à la partie supérieure de l'appareil conidiophore, on est frappé par l'apparence presque constante des phénomènes suivants : Dans les cellules génératrices et les conidies toutes jeunes (sauf dans certains cas que nous décrirons plus tard) les vacuoles sont de très petites sphérules fort nombreuses. Dans les conidies un peu plus éloignées de la base du conidiophore, les vacuoles deviennent progressivement plus grandes et moins nombreuses, parfois il n'y en a qu'une seule. Et enfin dans les conidies de l'extrémité de l'appareil, il y a plusieurs vacuoles de taille moyenne.

---

(1) P.-A. DANGEARD, *Sur la reproduction sexuelle chez le* Marchantia polymorpha (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 267). — P.-A. DANGEARD et PIERRE DANGEARD, *Recherches sur le vacuome des algues inférieures* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1038).

D'ailleurs, nous avons parfois trouvé des cellules génératrices et des conidies toutes jeunes qui montrent des formes filamenteuses ou réticulées du vacuome, et ces formes changent très rapidement. Ces vacuoles sont semblables à celles décrites par M. Pierre Dangeard pour les cellules du méristème de certaines Gymnospermes. Cela montre combien il y a de similitude entre les systèmes vacuolaires des cellules à activité intense chez des Conifères et chez un Ascomycète.

Nous interprétons donc les formes différentes du vacuome de l'appareil conidiophore de l'*Erysiphe graminis* de la façon suivante : Un vacuome à grandes vacuoles caractérise les cellules à activité faible ou moyenne, un vacuome à petites vacuoles caractérise les cellules à activité plus forte, et un vacuome à forme filamenteuse ou réticulée caractérise les cellules à activité la plus intense. Et sous des formes différentes, le vacuome est présent à tous les stades de développement des cellules en question : il y a transmission du vacuome, d'une génération à la suivante par l'intermédiaire des conidies.

Il faut signaler également que nous avons observé dans les jeunes conidies et les cellules génératrices de petites sphérules ayant les caractères de la métachromatine et qui semblaient incluses directement dans le cytoplasme et qui étaient animées d'un mouvement brownien. M. Foëx (1) a décrit des corpuscules métachromatiques semblables qu'il a colorés par le bleu de méthylène : mais ceux-ci se trouvaient à l'intérieur de petites vacuoles incolores.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *A propos du cancer des plantes ou crown gall.* Note de M. **P.-E. Pinoy**, présentée par M. F. Mesnil.

E. F. Smith a montré que certaines tumeurs des végétaux, que les Américains désignent sous le nom de *crown gall*, sont dues à une bactérie, *Bacterium tumefaciens*. Cette bactérie a été isolée par Smith en culture pure et, avec des cultures ayant subi un grand nombre de repiquages, on peut encore, par simple piqûre avec une aiguille souillée à leur contact, provoquer, chez les végétaux sensibles, la formation de tumeurs au point d'inoculation. Ces tumeurs se forment généralement aux dépens de l'assise génératrice libéro-ligneuse.

(1) E. Foëx, *Les Fibrincörper de Zopf et leurs relations avec les corpuscules métachromatiques* (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 662).

S'il est assez facile d'obtenir des cultures de la bactérie, elle est très difficile à voir dans les tissus. Smith, après avoir essayé bien des méthodes de coloration, a fini par conclure que la bactérie devait se trouver dans quelques inclusions de la cellule végétale.

Récemment A.-J. Riker, qui a étudié surtout des tumeurs produites sur la tomate, le tabac, signale l'existence des bactéries dans la substance qui remplit les espaces intercellulaires. Comme cette substance se colore avec intensité, elle empêcherait de voir les bactéries. Riker obtient de bons résultats en colorant par la fuchsine phéniquée très diluée et le vert lumière.

Magrou et moi-même n'avons pu obtenir par cette méthode la coloration des bactéries du crown gall dans des tumeurs développées sur géranium.

En examinant des préparations de Magrou, j'avais été frappé par l'existence dans certaines cellules, situées à la périphérie de la tumeur et en dehors d'elle, de corpuscules bactériformes. Or ces cellules, comme j'ai depuis pu m'en rendre compte en traitant les coupes par du sulfate de fer, sont des cellules à tannin. Elles existent en petit nombre dans le tissu parenchymateux autour de la tumeur. Il n'y en a que quelques-unes disséminées à l'intérieur de la tumeur.

On peut remarquer ceci : si l'on fait un ensemencement avec des fragments intéressant la partie périphérique de la tumeur, on obtient des colonies bactériennes abondantes ; si au contraire on n'utilise que les fragments du centre de la tumeur, on peut n'avoir que quelques colonies; parfois même, l'ensemencement reste stérile.

Lorsque l'on traite des coupes de tumeur fixée au formol par une solution de sulfate de fer et qu'après lavage à l'eau on colore par la fuchsine basique et le picro indigo carmin, à l'examen microscopique, on voit qu'à côté des cellules remplies de précipités de tannin plus ou moins agglomérés et donnant des corpuscules de dimensions très variables, existent certaines cellules où, à côté d'un précipité de tannin moins abondant coloré au noir, on rencontre des formes coccobacillaires, souvent associées par deux, colorées en rouge par la fuchsine. Il est nécessaire de rechercher les cellules à tannin au faible grossissement. Ce serait donc dans des cellules spéciales, dans les cellules à tannin que se trouveraient les bactéries. Ainsi dans le crown gall, comme dans les nodosités des Légumineuses, la cellule parasitée ne prend pas part au processus tumoral.

Cela offre un certain intérêt au point de vue de la pathologie comparée des tumeurs chez les animaux et chez les végétaux. Il est fort possible que

la cellule parasitée qui détermine la formation du cancer ne soit pas dans la tumeur.

Il nous reste à expliquer les résultats de Riker.

J'ai eu l'occasion de constater, par ensemencement et par coloration sur coupes, que des tumeurs paraissant parfaitement saines, sans trace de nécrose, renfermaient *Bacillus fluorescens* qui d'ailleurs existent toujours dans les tumeurs nécrosées. Or la tomate, le tabac, etc. sont des plantes pour lesquelles *Bacillus fluorescens* est pathogène et *Bacillus fluorescens* se développe toujours dans les espaces intercellulaires. Riker doit avoir eu une association. Cela expliquerait qu'il ait observé le jaunissement de la membrane des cellules.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une maladie de la vigne*, l'Excoriose, Note de MM. **L. Ravaz** et **G. Verge**, présentée par M. P. Viala.

Dès le mois de mai, quelques sarments herbacés prennent sur leurs premiers mérithalles une teinte noire qui progresse lentement de bas en haut, tantôt sur tout le pourtour, tantôt sur une bande irrégulière plus ou moins large. L'écorce qui noircit ainsi reste unie, lisse, presque brillante, tranchant nettement sur le vert franc des régions avoisinantes.

Puis les rameaux atteints grossissent démesurément à la base, se constituant un large empâtement, qui peut même déborder le courson sur lequel ils sont insérés. Mais à mesure qu'ils grossissent, l'écorce noire, sous la poussée de la croissance radiale, se crevasse et d'autant plus profondément que les sarments grossissent plus vite; il en résulte parfois des sortes de cavernes irrégulières qui s'enfoncent par endroits jusque dans le bois. Ainsi altérés, les rameaux deviennent très fragiles, ils se détachent par leur propre poids ou sous un choc quelconque, ou bien ils se dessèchent. Il en résulte un démembrement plus ou moins important des souches et une perte de récolte.

Si les taches ou croûtes noirâtres sont plus fréquentes et plus étendues sur les mérithalles de la base, elles existent aussi sur ceux de rang plus élevé, tantôt très nombreuses et finissant par devenir confluentes, tantôt rares, petites, isolées, plus longues que larges, restant unies à la surface ou se fendant longitudinalement au centre en boutonnière. Elles n'intéressent souvent que les tissus superficiels de l'écorce, mais elles peuvent aussi quelquefois pénétrer jusqu'au bois.

Après la vendange, à l'arrière-saison, croûtes et crevasses restent très apparentes, bien qu'elles se décolorent un peu. Autour d'elles et aussi sur des mérithalles quelconques, l'écorce passe du gris ou du roux au blanc mat, particularité qui a été si fréquente cette année qu'elle a inquiété les vignerons. Sur les parties blanchies et même quelquefois sur les croûtes, apparaissent de petites ponctuations noires, nombreuses très souvent, mais pas assez pour devenir confluentes et modifier la couleur de l'écorce. Ce sont les pycnides de *Phoma flaccida* (Viala et Ravaz) [1].

Croûtes et crevasses, en raison de leur situation, pouvaient être attribuées à l'action d'une substance corrosive sur l'épiderme et les couches extérieures de l'écorce, telles que sel marin apporté par les vents salés sur les vignes situées au voisinage de la mer, ou encore bouillies cupriques trop riches en cuivre dissous s'accumulant en certains points. Les expériences de contrôle auxquelles il a été procédé n'ont pu confirmer cette manière de voir.

La fréquence des pycnides de *Phoma flaccida* (V. et R.) autour des crevasses, des croûtes et même à la surface de ces dernières, nous ont amenés à rechercher si ce champignon n'était pas la cause de ces singulières altérations. Des coupes tangentielles ou transversales dans les croûtes y ont révélé, après traitement approprié, l'existence constante d'un mycélium *sous-épidermique*, palmé, extrêmement dense, et y formant une couche continue qui rappelle les mycélium des *Fusicladium* décrits par M. Ducomet. De ce mycélium superficiel partent des ramifications qui s'enfoncent de plus en plus dans l'écorce et la détruisent. Les tissus sous-jacents se défendent par la production successive de plusieurs couches de liège ayant jusqu'à 15 assises de cellules subéreuses, séparées les unes des autres par autant de couches de tissus mortifiés, dans lesquelles se trouve un mycélium abondant. La première de ces couches liégeuses, près de l'épiderme, forme une plaque rigide ou croûte qui, restant tendue, ne se strie pas. L'affaissement des tissus mortifiés intermédiaires, de même que la formation des crevasses, aboutissent à une diminution de pression sur l'assise génératrice, qui peut ainsi devenir périodiquement plus active et produire au cours de l'année plusieurs couches alternantes de bois à éléments larges et à éléments étroits. Ce sont les poussées de croissance rapide qui entraînent la formation des crevasses, qui, à leur tour, favorisent l'activité radiale de l'assise génératrice.

Les caractères extérieurs sont donc très différents suivant que le développement du champignon a lieu sur des écorces vertes ou sur des écorces

---

[1] Viala et Ravaz, *Le Black Rot*, 1886, p. 54.

en voie d'aoûtement, c'est-à-dire déjà mortifiées. Dans le premier cas, le champignon, qui n'a jamais paru être parasite très actif, se développe lentement; dans le second, il vit presque en saprophyte dans les tissus, qui, n'opposant aucune résistance, se laissent pénétrer profondément et très vite. Ici, pas de mycélium *palmé* sous-épidermique, mais de nombreux filaments dans toute l'écorce, qui vident complètement les cellules de leur contenu : d'où l'aspect blanc mat de l'ensemble.

Le rôle du *Phoma flaccida* dans les altérations printanières a été mis en évidence par des inoculations réalisées en serre au cours de l'hiver 1923-1924. Croûtes unies, pycnides et mycélium palmé s'étalant sur de larges surfaces, ont été obtenus.

Les yeux situés au voisinage des écorces excoriées, surtout ceux de la base, sont souvent détériorés par la maladie. Les uns meurent au cours de l'hiver, les autres, plus ou moins altérés, poussent au printemps, mais en présentant les caractères indiqués au début de cette Note. Les altérations de l'année procèdent donc des altérations de l'année précédente, elles peuvent aussi, comme les inoculations l'ont établi, avoir pour origine les stylospores des pycnides.

Cette maladie qui, par l'importance qu'elle semble prendre, est presque nouvelle, varie d'intensité suivant les années. Elle est répandue dans l'Hérault, le Gard, l'Aude, principalement dans les vignes de plaine. Elle existe aussi en Gironde et sans doute un peu partout.

Tous les sarments n'étant pas simultanément atteints, on peut lutter contre la maladie en supprimant les bras qui portent les sarments excoriés. Pour éviter les contaminations venant des pycnides, il conviendrait de détruire celles-ci par une pulvérisation sur la souche, après la taille, avec, par exemple, une solution corrosive d'acide sulfurique à 10 pour 100 en poids dont l'efficacité contre le champignon de l'Anthracnose, qui n'est pas sans analogie par son mycélium avec *Phoma flaccida*, est bien connue des viticulteurs.

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Influence du milieu de culture sur les numérations de protozoaires du sol.* Note de Mme **Jean François-Perey**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Des diverses méthodes de comptage des protozoaires du sol, la plus employée actuellement est celle qui fut suggérée par Rahn et successivement modifiée par Cunningham, L. M. Crump et D. W. Cutler.

Il suffira de rappeler ici, en quelques mots, qu'elle consiste à faire des dilutions de plus en plus élevées de la terre étudiée et à rechercher dans chacune d'elles la présence des protozoaires. Pour cela, on ensemence avec 1^{cm^3} de chacune des dilutions des boîtes de Pétri contenant de la gélose nutritive, puis on fait incuber pendant 21 jours. La dilution la plus grande dans laquelle on constate la présence d'une espèce quelconque indique que, dans la terre étudiée, la densité de population de cette espèce est d'au moins un organisme pour le poids de terre représenté par cette dilution.

Par suite, il est d'une extrême importance que chaque protozoaire survive à l'ensemencement et se multiplie suffisamment pour que sa présence puisse être décelée par le simple examen au microscope d'une goutte de la culture qui s'est développée dans chacune des boîtes de Pétri; la précision dépend de la convenance du milieu de culture aux protozoaires.

A ce point de vue, je crois qu'une décoction de terre doit être préférée au milieu de Cutler (eau distillée 1000, gélose 15, peptone 10, NaCl 5, liebig 3), décoction que l'on obtient simplement en faisant bouillir pendant 2 heures 2 litres d'eau ordinaire avec 1^{kg} de terre (on filtre et l'on ajoute 2 pour 100 de gélose).

C'est ce que montre la comparaison des taux de dilutions les plus élevées dans lesquelles la présence des organismes cités ci-dessous a été constatée à la suite d'ensemencements d'une même terre de jardin sur les deux milieux.

	Milieu de Cutler.	Décoction de terre gélosée.
Flagellés.		
Cicomonas termo	$\frac{1}{102400}$	$\frac{1}{409600}$
Cercomonas sp..........	$\frac{1}{25600}$	$\frac{1}{409600}$
Heteromita sp...........	$\frac{1}{25600}$	$\frac{1}{204800}$
Sainouron sp............	$\frac{1}{3200}$	$\frac{1}{6400}$
Amibes.		
Naglearia gruberi.......	$\frac{1}{6400}$	$\frac{1}{409600}$
Vahlkampfia sp..........	$\frac{1}{3200}$	$\frac{1}{51200}$
Hartmannella hyalina...	$\frac{1}{1600}$	$\frac{1}{25600}$
Ciliés.		
Colpoda steinii	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{200}$

Ce qui correspond, tous calculs faits, à 56400 protozoaires par gramme de terre par la méthode de Cutler et 1193000 par la méthode de l'emploi de décoction de terre.

Si l'on considère que l'on a trouvé jusqu'ici dans les sols environ 13 espèces de rhizopodes, une trentaine de ciliés et une vingtaine de flagellés et qu'en général on rencontre au moins une dizaine d'espèces dans chaque échantillon de terre, on estimera qu'il est difficile d'imaginer un milieu qui convienne également bien à toutes les espèces et qui n'en favorise aucune au détriment des autres. Mais, comme chaque sol a une solution particulière et par suite une fleur bactérienne propre, ainsi qu'on peut le croire d'après les travaux de Winogradsky, il est également à présumer qu'il a sa faune propre de protozoaires dépendant étroitement de sa composition. Si la décoction de ce sol favorise plus ou moins certaines espèces, comme il est probable, tout au moins le fait-elle en se rapprochant plus que les milieux artificiels usités des liqueurs imprégnant la terre dans les conditions naturelles, si bien qu'on peut conclure que cette décoction apparaît comme un milieu de culture particulièrement recommandable pour la numération des protozoaires du sol.

BROMATOLOGIE. — *Étude du développement végétal du pois, en vue de sa conservation alimentaire.* Note de M. C.-F. MUTTELET, présentée par M. Lindet.

Le fabricant de conserves livre au commerce des pois, dits verts, soit incomplètement mûrs, recherchés pour leur mollesse et leur saveur, soit des pois arrivés à leur maturité, mais frais cueillis, soit enfin des pois secs, qu'il « régénère » avant de les mettre en boîtes. Le service des fraudes et l'expert sont désarmés pour constater des différences que le négociant n'a pas toujours la bonne foi de reconnaître sur l'étiquette de sa boîte.

C'est pour combler cette lacune que le présent travail a été entrepris sous la forme suivante : Fixer les teneurs de quelques éléments principaux : matières azotées et cellulosiques, substances hydrolysables ; puis rechercher entre ces teneurs des rapports qui soient fonction de l'état de maturité, mais qui restent pratiquement indépendants de la variété des pois mis en conserves.

Voici les procédés d'analyse qui ont été employés :

Les matières cellulosiques ont été dosées à l'état de cellulose brute par la méthode de Weende.

Les substances hydrolysables ont été dosées par hydrolyse chlorhydrique directe, en opérant sur la substance sèche et sur la portion insoluble dans l'alcool

aqueux. Les résultats obtenus se rapportent à un mélange de substances; ils sont exprimés en grammes de glucose, ce qui permet de calculer, par différence, les teneurs en substances hydrolysables solubles exprimées de la même façon.

Les matières azotées ont été dosées par le procédé de Kjeldahl en opérant sur la substance sèche et sur la portion insoluble dans l'alcool aqueux.

Les recherches ont porté sur la variété de *pois ridés* dite *Merveille d'Amérique*, récoltés sur un même semis. Les échantillons examinés correspondent à des stades successifs du développement des pois. Ce sont :

Échantillon n° 1...........	Pois verts fins
» n° 2...........	Pois verts moyens
» n° 3...........	Pois verts pleins
» n° 4...........	Pois mûrs, séchés pour graines

Les trois premiers échantillons sont ainsi constitués de graines de grosseurs différentes, mais toujours à l'état de maturité incomplète, à l'état vert. Quant au n° 4, il représente un échantillon de pois secs. Enfin, à titre de comparaison, un dernier échantillon, le n° 5, formé de pois achetés dans le commerce, et dont la variété et l'état de maturité sont indéterminés.

Les résultats de l'analyse sont réunis dans les Tableaux I et II.

TABLEAU I. — *Teneurs en grammes pour 100 de substance sèche.*

Nos	Échantillons.	Cellulose brute.	Substances hydrolysables totales.	insolubles.	solubles.
1.	Pois verts fins......	11,30	34,00	27,30	6,70
2.	Pois verts moyens..	10,50	38,60	32,40	6,20
3.	Pois verts pleins....	9,60	38,80	32,90	5,90
4.	Pois mûrs et secs....	7,40	47,50	43,40	4,10
5.	Pois verts achetés dans le commerce..	10,1	38,60	31,50	7,10

TABLEAU II. — *Teneurs en grammes pour 100 de substance sèche.*

Nos	Échantillons.	Matières azotées totales.	insolubles.	solubles.
1.	Pois verts fins..........	36,40	16,10	20,30
2.	Pois verts moyens......	33,30	18,00	15,30
3.	Pois verts pleins.......	33,10	18,70	14,40
4.	Pois mûrs et secs.......	30,50	20,20	10,30
5.	Pois verts achetés dans le commerce...........	28,50	15,40	13,10

Le sens et la grandeur des variations de ces pourcentages sont mis en évidence par le calcul des trois rapports suivants :

1° $\frac{\text{Matières hydrolysables insolubles}}{\text{Matières hydrolysables solubles}}$ ou $\frac{\text{amidon}}{\text{sucres}}$

2° $\frac{\text{Matières hydrolysables insolubles}}{\text{Matières cellulosiques}}$ ou $\frac{\text{amidon}}{\text{cellulose}}$

3° $\frac{\text{Matières azotées insolubles}}{\text{Matières azotées solubles}}$ ou $\frac{\text{azote insoluble}}{\text{azote soluble}}$

Les valeurs qu'ils prennent au cours du développement des pois pour la variété *Merveille d'Amérique* figurent au Tableau III.

TABLEAU III.

		Rapports.		
Nos	Échantillons.	$\frac{\text{Amidon}}{\text{Sucres}}$.	$\frac{\text{Amidon}}{\text{Cellulose}}$.	$\frac{\text{Azote insoluble}}{\text{Azote soluble}}$.
1.	Pois verts fins...............	4,1	2,7	0,8
2.	Pois verts moyens...........	5,2	3,3	1,2
3.	Pois verts pleins.............	5,5	3,6	1,2
4.	Pois mûrs et secs............	10,6	5,8	2,0
5.	Pois verts achetés dans le commerce.......................	4,4	3,4	0,9

L'examen de ce dernier tableau montre que les trois rapports considérés sont fonction de l'état de maturité : ils croissent avec lui. D'autre part les valeurs qu'ils affectent pour l'échantillon de comparaison n° 5 semblent indiquer qu'ils sont pratiquement indépendants de la variété. Ce sont donc des éléments d'appréciation qui permettront le plus souvent de distinguer les deux sortes de conserves de pois dont il s'agit : les conserves de pois verts et les conserves de pois secs régénérés.

Je me propose de compléter cette étude par l'analyse des pois de diverses variétés, puis de passer à l'examen des différentes conserves de pois du commerce.

MYCOLOGIE. — *L'action toxique de* l'Amanita phalloides *Ir.* Note de M. **Vittorio Pettinari**, présentée par M. P. Viala.

Dans une Note précédente (¹) j'ai exposé les effets du poison phalloïdien sur les invertébrés et sur les vertébrés hétérothermes; les résultats de mes recherches sur les vertébrés homéothermes font l'objet de cette Note.

La sensibilité de ces divers animaux est un peu différente. Parmi les mammifères, le plus sensible est le chat; le plus résistant le chien. Parmi les oiseaux, l'expérience est possible seulement sur les espèces les plus grandes, parce que les petits oiseaux, tels que les moineaux, les canaris, etc., succombent souvent, même à l'injection d'une substance non toxique. Les animaux jeunes et les femelles sont plus sensibles.

Les doses minima toxique et minima mortelle, pour l'injection hypodermique ou intra-musculaire d'extrait aqueux du champignon desséché (5 pour 100), peuvent être à peu près évaluées de la façon suivante :

	Pour 1000.		
Souris grise	0,7	et	2
Rat blanc	0,7	et	2
Cobaye	0,5	et	1
Lapin	0,5	et	1 à 1,5
Chat	0,2 à 0,3	et	0,5
Chien	1	et	3
Chauve-souris	1	et	1
Pigeon	0,6	et	2

De l'observation faite au cours de l'empoisonnement, il ressort qu'il existe toujours une période d'inoculation, mais celle-ci est assez variable. Cette période et le temps qui s'écoule entre l'incubation du poison et la mort, sont très longs pour des doses faibles (3, 4, 6 jours); en augmentant progressivement la quantité d'extrait introduite, on n'arrive pas à obtenir la mort instantanée même par des doses relativement fortes avec des injections intra-veineuses et intra-cardiaques (1 à 2 pour 1000 du poids de l'animal). La rapidité de la mort, tout en étant en rapport avec la dose inoculée, n'est pas parfaitement proportionnelle à son augmentation.

Très caractéristique aussi est l'apparence de soudaineté avec laquelle se manifeste l'empoisonnement. En réalité, si l'on observe bien, on peut noter une période prodromique avant que les premiers symptômes n'éclatent, l'animal révèle son malaise par une vivacité moins grande, une tendance à l'immobilité, une lenteur à réagir aux

(¹) *Comptes rendus*, t. 180, 1925, p. 163.

excitations. Puis, avec la difficulté respiratoire, le manque de forces, les convulsions, il entre dans la période des grands symptômes qui dure un espace de temps variable d'une demi-heure à 6-7 heures. Il ne peut pas rester debout et se renverse sur un côté avec une parésie du train postérieur. La température s'abaisse; la respiration est aidée par des mouvements de la bouche; le battement du cœur est accéléré et irrégulier.

Dans l'empoisonnement à cours lent, un des phénomènes les plus frappants est la diminution de poids qui atteint des chiffres invraisemblables. Des animaux tout à fait petits et dépourvus de réserves graisseuses peuvent se réduire en une semaine à la moitié de leur poids.

Un fait très curieux est la grande résistance des cobayes, des lapins, des pigeons et des herbivores en général à l'introduction de l'Amanite phalloïde par voie buccale. Les carnivores au contraire (chiens, chats) présentent une symptomatologie peu différente de celle qu'on observe dans l'inoculation des extraits, avec vomissements, diarrhée sanguine et oligurie.

Conclusions. — J'ai passé rapidement sur les détails pour m'arrêter seulement à quelques-uns des phénomènes les plus intéressants. De leur observation nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Les extraits d'*Amanita phalloides* Fr. introduits par la bouche sont le plus souvent inoffensifs pour les lapins, les cobayes, les pigeons et les herbivores en général.

2° Les souris grises, les rats blancs, les chauves-souris, les cobayes, les lapins, les chats, les chiens, les pigeons sont très sensibles à l'action toxique des extraits introduits par voie para-entérale.

3° Avec leur introduction intra-veineuse ou intra-cardiaque à doses relativement fortes, on n'arrive pas à produire une mort instantanée ou à démontrer une action élective du poison.

4° Spécialement dans l'empoisonnement à cours lent, tout l'organisme semble être lésé dans sa vitalité, dans sa structure, dans ses fonctions. Il s'agit d'une action profondément destructive et perturbatrice comme le démontre l'énorme perte en poids des animaux empoisonnés.

5° L'arrêt du cœur est précédé de l'arrêt de la respiration.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *Évolution de la chronaxie au cours de la crise de tétanie expérimentale par hyperpnée volontaire chez l'homme.* Note de MM. **Georges Bourguignon** et **J.-B.-S. Haldane**, présentée par M. d'Arsonval.

Depuis longtemps déjà on savait que l'hyperventilation pulmonaire produite par la respiration précipitée volontairement chez l'homme pro-

voque des contractures. Collips et Backus d'une part, Grant et Goldam [1] de l'autre, montrèrent presque simultanément que ces contractures sont analogues à celles de la tétanie spontanée observée en clinique humaine.

J.-B.-S. Haldane, avec différents collaborateurs [2], étudia cette crise de tétanie expérimentale au point de vue des modifications chimiques du plasma sanguin.

Il nous a paru intéressant de rechercher si l'excitabilité des muscles contracturés et de leurs nerfs, mesurée par la chronaxie, varie au cours de cette crise.

Nous avons fait la plupart de nos expériences sur le même sujet; mais nous en avons contrôlé les résultats par un petit nombre d'expériences sur un autre sujet.

Toutes les expériences se ressemblent. Elles ne diffèrent que par la rapidité d'apparition de la tétanie et son intensité, qui dépendent de la vitesse et de l'intensité de la respiration forcée. La durée de la respiration forcée a varié suivant les expériences de 20 à 35 minutes. Il paraît difficile de prolonger au delà la durée de ces expériences, avec le rythme assez rapide que le sujet a pris.

Phénomènes cliniques. — La contracture tétanique débute généralement après 2 à 4 minutes de respiration précipitée. La crise se constitue progressivement. Quand elle est à son acmé, le sujet présente tous les signes d'une grande crise de tétanie spontanée. Tous les muscles des membres supérieurs et inférieurs se contracturent, et les mains prennent l'attitude caractéristique dite de «main d'accoucheur». Cette contracture est souvent si forte qu'il est impossible de la réduire passivement. A un certain degré, la contracture devient douloureuse. En même temps, la figure du sujet se congestionne, la peau des bras, des avant-bras et des mains rougit et la sueur perle sur tout le corps, mais surtout à la face et au cou. On constate avec la plus grande netteté le signe de Chvosteck (hyperexcitabilité mécanique du nerf facial).

Lorsque le sujet cesse l'hyperpnée volontaire, le rythme de la respiration se ralentit peu à peu et revient à la normale, les muscles se relâchent et le signe de Chvosteck s'atténue, puis disparaît. Tout est rentré dans l'ordre en 20 à 30 minutes. Il y a souvent une recrudescence de la contracture 1 ou 2 minutes après l'arrêt de la respiration forcée.

Évolution de la chronaxie. — Pendant cette crise, nous avons suivi la marche de la chronaxie de 2 minutes en 2 minutes environ. Nous avons étudié la chronaxie du point moteur du muscle et celle du nerf.

---

(1) S.-B. Grant and A. Goldam, *Am. Journal of Physiology*, vol. 52, 1920, p. 209.

(2) H.-W. Davies, J.-B.-S. Haldane, E.-L. Konnaway, *Journ of Phys.*, vol. 54, nos 1 et 2, 1920, p. 32.

La contracture des interosseux de la main étant la plus caractéristique, ce sont ces muscles que nous avons surtout étudiés. Nous avons obtenu d'ailleurs des résultats concordants sur les muscles fléchisseurs de la main sur l'avant-bras.

D'une manière générale, on peut dire que la chronaxie augmente sur le nerf et sur le point moteur du muscle pendant toute la durée de la respiration forcée. Quand la respiration forcée est arrêtée, la chronaxie, avec quelques oscillations, reste grande un moment, puis diminue peu à peu pour revenir à la normale en 20 à 30 minutes.

Si, d'une manière générale, l'évolution de la chronaxie est de même sens sur le nerf et sur le point moteur musculaire, la variation est cependant toujours plus grande sur le nerf que sur le point moteur musculaire. Ainsi la chronaxie n'a jamais dépassé 6 fois sa valeur normale sur le point moteur musculaire, alors qu'elle a toujours atteint au moins 10 fois sa valeur normale, et a, le plus souvent, dépassé 20 à 30 fois sa valeur normale sur le nerf. D'autre part, le retour à la valeur normale demande toujours plus de temps sur le nerf que sur le point moteur du muscle. Il résulte de ces faits qu'il se produit toujours un *hétérochronisme* marqué entre le nerf et le point moteur musculaire tant qu'il y a une contracture appréciable.

Deux exemples de ces expériences mettent bien ces faits en évidence (la chronaxie normale des muscles et nerfs de la main est de $0^\sigma,20$ à $0^\sigma,36$) :

A. — *Expérience sur le point moteur du 4e interosseux de la main gauche.*

Temps.	Rhéobase en milliampères.	Chronaxie en millièmes de seconde.
Avant le début de l'hyperpnée...	1,3	0,28
Après le début de l'hyperpnée :		
au bout de 1 minute........	0,9	0,32
» 3 »	0,75	0,28
» 5 »	0,6	1,40
» 8 »	0,65	0,76
» 16 »	0,9	1
» 18 »	0,9	1,6
» 22 »	0,95	2

B. — *Expérience sur le nerf cubital gauche, seuil de l'adducteur du pouce.*

Temps.	Rhéobase en milliampères.	Chronaxie en millièmes de seconde.
Avant le début de l'hyperpnée...	1,3	0,28
Après le début de l'hyperpnée :		
au bout de 3 minutes.......	1,35	0,28
» 5 »	1,2	0,60
» 16 »	0,9	0,68
» 22 »	0,8	2,40
» 27 »	0,8	3,2
Arrêt de l'hyperpnée :		
3 minutes après l'arrêt........	0,6	3,2
6 »	0,3	6,4

A (*suite*).

Arrêt de la respiration forcée.

	mA	σ
2 minutes après l'arrêt...	1,5	1,52
5 » ...	1,3	0,96
9 » ...	1	1,12
13 » ...	1,15	0,56
16 » ...	0,95	0,44
21 » ...	1,2	0,32
24 » ...	1,15	0,32

B (*suite*).

	mA	σ
8 minutes après l'arrêt...	0,4	7,2
10 » ...	0,6	4,4
12 » ...	0,8	2,4
15 » ...	0,7	2
17 » ...	0,7	1,08
20 » ...	0,6	1,54
23 » ...	0,75	0,96
26 » ...	0,9	0,60
32 » ...	0,9	0,48
34 » ...	0,9	0,36
41 » ...	0,9	0,52
50 » ...	0,85	0,48
52 » ...	0,85	0,28
56 » ...	0,9	0,32
60 » ...	0,95	0,32

La chronaxie a donc augmenté de $0^{\sigma},28$ à 2^{σ} sur le point moteur musculaire, alors qu'elle est passée de $0^{\sigma},28$ à $7^{\sigma},2$ sur le nerf. Elle est revenue à la normale en 21 minutes, sur le point moteur et en 52 minutes sur le nerf. Ces résultats sont constants.

Il est à remarquer que les variations que nous observons dans la tétanie expérimentale sont de même sens et du même ordre de grandeur que celles que l'un de nous (en collaboration avec H. Laugier) [1] a montrées dans la suppression de la circulation d'un membre par compression.

Il est probable que le déterminisme de tous ces phénomènes est voisin. Toutes ces expériences montrent qu'on peut, en agissant sur l'état physico-chimique du plasma sanguin, modifier, chez un sujet entier, la valeur de la chronaxie, comme L. Lapicque et ses élèves l'ont fait sur le nerf et le muscle séparés de l'organisme chez les animaux hétérothermes en faisant agir directement sur ces organes isolés diverses substances chimiques.

EMBRYOGÉNIE. — *La ségrégation, au cours de l'ontogenèse, de deux cellules sexuelles primordiales, souches de la lignée germinale, chez* Salmacina Dysteri *(Huxley)*. Note [2] de M. **A. Malaquin**, présentée par M. Henneguy.

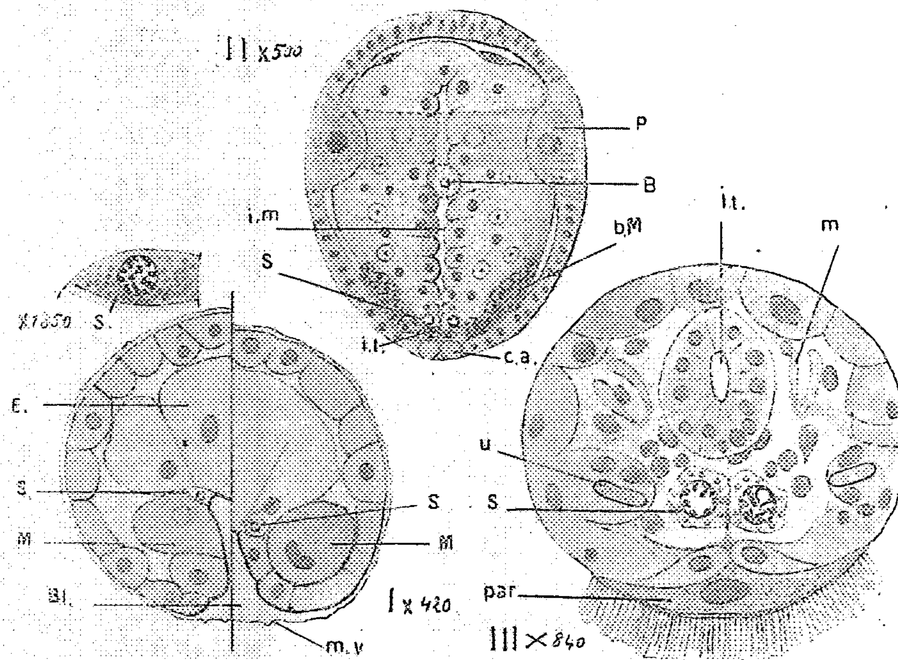
Partant des faits établis dans mes deux Notes précédentes [3] les cellules

(1) G. Bourguignon et H. Laugier, *Variations de l'excitabilité neuro-musculaire sous l'influence de la suppression et du rétablissement de la circulation d'un membre chez l'Homme* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 195).

(2) Séance du 19 janvier 1925.

(3) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1348 et 1636.

sexuelles primordiales ont été recherchées dans l'ontogenèse de *S. Dysteri* de manière à établir leur lignée ascendante jusqu'à la gastrula. A ce stade, un examen dans la région postérieure du blastopore (*fig.* I, partie gauche) laisse apercevoir sur chacune des parois latéro-ventrales de l'archentéron



I. Deux demi-coupes à des stades différents de la gastrula ; la cellule sexuelle S, à un plus fort grossissement. — II. Trochophore jeune, face ventrale ; la situation des cellules S y a été précisée d'après des coupes frontales. — III. Section transversale par le pygidium d'une larve métatrochophore. Le noyau de l'initiale sexuelle S de droite présente des filaments chromosomiques indiquant une mitose prochaine. — *S*, cellules sexuelles primordiales ; *M*, initiales du cœlomésoderme ; *bM*, bandes mésodermiques ; *Ca*, cellules anales ; *im*, intestin moyen ; *it*, intestin terminal ; *B*, bouche ; *P*, prototroque formée de 8 gros trochoblastes non encore ciliés ; *m*, muscles larvaires ; *u*, soie unciale.

un blastomère proéminent dans le blastocœle : c'est l'initiale M du cœlomésoderme (bandes mésodermiques) ; puis ce blastomère émigre dans le blastocœle (*fig.* I, partie droite). Deux cellules voisines, une à gauche et une à droite, bordent également l'archentéron ; elles contrastent par leur petite taille avec la grosse cellule initiale du cœlomésoderme et les volumineux blastomères de l'endoderme : ce sont les deux cellules sexuelles primordiales (S, *fig.* I à III). Elles se reconnaissent à leur noyau régulièrement sphérique, à nucléoplasme clair sur lequel se détachent 14-16 petites masses chromosomiques qui se teintent vigoureusement, de même que chez les

gonocytes dont le noyau est à l'état quiescent. On constate dans leur cytoplasme, de petites sphérules, mais aucune substance qui soit particulière à la lignée germinale (déterminant de Hegner).

L'initiale sexuelle se présente dans la gastrula, comme une partie nettement découpée de l'initiale du cœlomésoderme dans laquelle elle est encore enchâssée; après l'émigration de l'initiale M, les deux cellules restent quelque temps accolées tangentiellement et, bien que je n'aie pu observer le stade de leur mitose séparatrice, les initiales S et M semblent bien être des cellules sœurs. On sait en effet que chez les Annélides les initiales du mésoderme dérivent du blastomère $4d$, comme chez les Turbellariés et les Mollusques; or, on a signalé dans beaucoup de segmentations, *Nereis* (Wilson), *Podarke* (Treadwell), *Crepidula* (Conklin) etc., que des petites cellules se séparent de M et restent adhérentes à l'endoderme. De plus, une observation de Shearer chez le Serpulide *Eupomatus* prouve que la cellule M, lorsqu'elle se sépare de l'archentéron au stade gastrula, se divise inégalement et laisse dans la paroi de l'intestin une petite cellule dont l'auteur ignore la destinée et qui me paraît homologue à la cellule sexuelle de *Salmacina*. Il est des plus vraisemblables, dans ces conditions, que les initiales mésodermiques M et les cellules germinales S ont une souche commune : la cellule $4d$.

Les deux cellules sexuelles primordiales offrent ensuite une constance remarquable dans leur structure nucléaire. Le blastopore se forme et devient linéaire au cours de la phase prétrochophore; les deux cellules germinales restent attachées près des lèvres du blastopore, à une faible distance du point où l'anus s'ouvrira plus tard. Au stade trochophore jeune (*fig.* II) elles sont placées à la jonction de l'intestin moyen et de l'intestin terminal qui précède immédiatement la fissure anale; elles deviennent alors ventrales. Leur noyau, caractéristique par sa transparence et par sa taille, qui est passée de 3^{μ} à $5^{\mu},5$, permet de les reconnaître avec certitude dans les larves entières colorées et éclaircies (*fig.* II). A la fin du stade trochophore les deux cellules primordiales, de même que précédemment les initiales M, émigrent à leur tour, dans le blastocœle sous-jacent : elles sont alors situées dans la région pygidiale larvaire, comprise entre l'intestin préanal, les cellules ciliées de la paratroque et les grosses cellules anales; elles y ont atteint leur situation définitive. Placées au contact, mais en dedans, de l'extrémité des bandes mésodermiques, on pourrait les confondre avec des cellules polaires.

Quand la larve métatrochophore éclôt et devient nageuse, elle possède

une couronne ciliée puissante, la prototroque, renforcée d'anneaux ciliés secondaires, et suivie de trois segments sétigères avec leurs somites cœlomiques. Jusqu'à ce moment les deux cellules sexuelles primordiales sont demeurées au repos dans le pygidium de la larve; à ce stade, ou un peu avant, les deux initiales commencent à se multiplier. On trouve, en effet, dans le pygidium de la larve (*fig.* III) ou : 1° les deux cellules sexuelles, primordiales, encore inchangées; ou 2° plus souvent, de chaque côté de la ligne médiane et à la suite de mitoses actives, 2 + 1, 2 + 2, puis 3 + 4 et ainsi de suite jusqu'à 8 + 8 cellules. Ces cellules sexuelles, descendantes des deux initiales, sont les premiers gonocytes pygidiaux. Ceux-ci seront ensuite distribués dans les métamères, où ils deviennent les gonocytes extracœlomiques, première ébauche des glandes génitales : leur ensemble constitue une lignée germinale autonome dans l'individu, et continue d'une génération à l'autre.

ZOOLOGIE. — *Foyers de formation et voies de migration des nématocystes de* Halyclistus octoradiatus *Clark. Existence, sur leur parcours, de réservoirs sélectifs.* Note (¹) de M. **Robert Weill**, présentée par M. Mesnil.

Les nématocystes des Lucernaires sont de deux catégories : les uns ovoïdes, dont le tube est élargi à sa base en une ampoule armée de stylets, les autres à tube isodiamétrique et inerme. Abstraction faite de ceux qui sont dispersés dans tous les organes, ils forment dans les Lucernaridées trois sortes d'agglomérations volumineuses, d'aspect, de localisation et de signification très différentes. 1° Une large bande dans l'ectoderme de la sous-ombrelle, en face des gonades dont elle n'est séparée que par la mésoglée : c'est le massif columellaire (Wietrzikowski) (*fig.* 1); 2° Des amas bien définis dispersés sur les parties marginales de la sous-ombrelle et de l'exombrelle, visibles à l'œil nu sous forme de taches diversement colorées (Lamouroux 1815) : ce sont les batteries urticantes; 3° Enfin de nombreux nématocystes garnissent la surface des tentacules; ce sont tous ici des éléments achevés, appartenant aux deux catégories; Clark seul dit les avoir vu se développer dans cette région.

Les deux autres agglomérations ont été étudiées chez différentes espèces de Lucernaridées par Keferstein 1855, Kling 1879, Haeckel 1879, Antipa 1892, Kassianow 1901, Wietrzikowski 1912.

(¹) Séance du 19 janvier 1925.

De l'opinion unanime, les batteries sont formées par une invagination de l'ectoderme et représenteraient à la fois les foyers de formation et le lieu d'utilisation normale des nématocystes. Le bourrelet columellaire, selon Kling et Kassianow, protègerait les gonades; Wietrzikowski par contre le considère comme une sorte de centre de formation de nématocystes, mais n'ayant pu constater la migration de ces éléments, il avoue que leur signification à l'intérieur de ces massifs lui est restée complètement énigmatique.

Nos recherches effectuées sur *Halyclistus octoradiatus* Cl. nous ont montré que les massifs columellaires seuls forment des nématocystes et que seuls les tentacules les utilisent. Nous précisons plus loin la fonction très particulière des batteries.

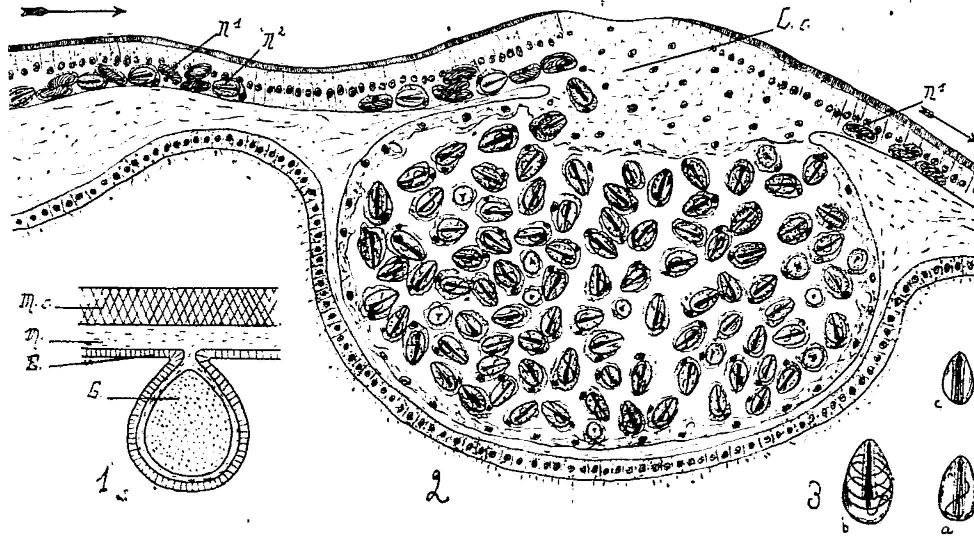
Les nématocystes des deux catégories se forment côte à côte dans l'ectoderme sous-ombrellaire, les stades les plus jeunes étant superficiels. Toutes les cellules du massif semblent donner naissance à des nématocystes; or ce massif, augmentant énormément au cours de l'ontogénèse (cf. Wietrzikowski) sans qu'il y ait été constaté un apport de cellules indifférenciées, on peut se demander si ces cellules cnidogènes ne dérivent pas les unes des autres. Contre la mésoglée se trouvent des stades déjà très évolués; les stylets, dans les capsules ovoïdes, sont bien développés, la capsule elle-même suffisamment squelettisée pour ne plus présenter cette facilité de l'éclatement que nous avons signalée comme caractéristique des stades jeunes [1]; dans des cas très rares, un tube mince et court fait déjà suite à l'ampoule. Ces stades, contenus dans de volumineux cnidoblastes, sont orientés perpendiculairement aux cellules ectodermiques.

Pas plus que Wietrzikowski, nous n'avons vu leur migration sur le vivant, ce qui tient sans doute à sa lenteur. Mais cette hypothèse s'impose par suite de l'absence de tout stade de développement dans les tentacules et de leur présence exclusive dans les massifs columellaires. Les coupes montrent en outre, sur le trajet du lieu de formation au lieu de consommation, un grand nombre de files serrées de nématocystes des deux catégories qui progressent conjointement entre les cellules ectodermiques jusqu'aux tentacules (*fig.* 2 n^1 et n^2). Sur leur parcours ils arrivent à proximité des batteries dont nous allons parler maintenant (*fig.* 2.).

Elles représentent des invaginations de l'ectoderme auquel elles restent reliées par un épais cordon cellulaire (*fig.* 2, C *c*); leur paroi est formée

(1) *C. R. Soc. de Biol.*, t. 89, 1923, p. 1322.

d'une seule couche de cellules très aplaties. Elles contiennent non un tissu, mais une agglomération de très nombreuses cellules urticantes, isolées les unes des autres et sans orientation définie; lorsqu'on crève la batterie, elles s'en échappent de tous côtés; leurs cnidoblastes, à grosses granulations réfringentes, ne montrent pas de cnidocils. Les nématocystes sont tous, *sans exception aucune*, du type ovoïde à ampoule armée; ils sont très sensiblement plus petits que ceux des tentacules (*fig.* 3 *a* et *b*) et rigoureusement au même stade de leur développement : le tube prolongeant l'ampoule fait exactement un tour complet autour du corps axial.



Halyclistus octoradiatus Clark.

Fig. 1. — Schéma de la localisation du massif columellaire. M. c., massif columellaire = octoderme; M, mésoglée ; E, endoderme; G, gonades.

Fig. 2. — Coupe d'un réservoir sélectif. n^1, nématocyste allongé migrateur; n^2, nématocyste ovoïde migrateur; C. c., cordon cellulaire coupé tangentiellement; les flèches indiquent la direction des tentacules.

Fig. 3. — Nématocystes, dessinés au même grossissement, et provenant : *a*, d'un réservoir sélectif; *b*, d'un tentacule; *c*, du pied.

Ils ne se forment pas dans les batteries; celles-ci ne montrent que, tout à fait exceptionnellement dans leurs parois, un ou deux stades plus jeunes, et toujours anormalement éclatés. La totalité des nématocystes fonctionnels provient des massifs columellaires. En effet on voit, à l'entrée des batteries, les capsules ovoïdes obliquer vers elles et y pénétrer par le cordon cellulaire, alors que ceux de l'autre catégorie continuent leur chemin. Ils se retrouvent sur le chemin des tentacules. Leur nombre est probablement

proportionnel aux besoins de la défense : très souvent, les batteries sont en partie vidées, et l'espace entre elles et les têtes des tentacules est alors particulièrement riche en nématocystes migrateurs. Chez des *Halyclistus* dont quelques tentacules, traumatisés, étaient visiblement en voie de régénération, les secteurs voisins, et eux seuls, étaient dépourvus de batteries. Celles-ci fonctionnent donc en plus comme réservoirs; nous les appellerons « réservoirs sélectifs ».

Il est à remarquer que les nématocystes dispersés dans les divers organes, rhopalies, filaments et parois gastriques, pied, tous du type ovoïde, ne passent pas à travers les réservoirs sélectifs et sont extrêmement petits (*fig.* 3 *c*).

Conclusions : les massifs columellaires seuls forment des nématocystes; ceux-ci émigrent de là dans les tentacules qui sont leur seul lieu d'utilisation normale. Sur leur parcours, se trouvent des réservoirs sélectifs qui opèrent un tri très précis des deux catégories de nématocystes, où les uns seulement pénètrent, mûrissent et s'amassent jusqu'à ce que, sur un appel venu de la périphérie, ils achèvent leur migration et aillent prendre leurs emplacements définitifs.

On ne connaît pas, jusqu'ici, d'organes analogues chez les Cœlentérés.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Remarques sur l'os pénien.*
Note de M. **J. Chaine**, présentée par M. Ch. Gravier.

L'os pénien des Mammifères, en général, diffère suivant l'être considéré, au point que des auteurs ont écrit que chaque espèce avait son type d'os et que, par suite, dans les cas de détermination difficiles, l'examen de cet élément pouvait dissiper les doutes.

Je suis loin de partager entièrement cette manière de voir, parce que j'ai constaté que si, dans la *majorité* des cas, les os péniens d'espèces voisines offrent bien des caractères suffisamment distincts pour permettre de les séparer, il en est, par contre, où la différenciation est fort ardue et quelques-uns même où elle est quasiment impossible. Je suis arrivé à cette opinion par l'observation de multiples spécimens appartenant à de nombreuses espèces et, au sein de quelques-unes de celles-ci, par l'étude de beaucoup d'échantillons.

Mes recherches m'ont d'abord montré qu'il est des espèces animales dont les os péniens se ressemblent tellement que leur confusion est en quelque

sorte fatale; c'est ce qui se produit, par exemple, pour le Loup (*Canis lupus* L.) et certaines grandes races de Chien domestique. Pour ces derniers êtres, j'ai cherché à découvrir un critérium permettant de déterminer sûrement leurs éléments péniens lorsqu'ils sont isolés. Je crois l'avoir trouvé, mais j'avoue qu'il est si léger que parfois il est bien difficile de l'apprécier justement. L'os pénien ne peut donc pas être accepté comme bon facteur de diagnose dans tous les cas semblables à celui-ci.

Mon étude comparative de ces éléments m'a également permis d'établir que, pour des causes que je n'ai pas à apprécier ici, il n'est pas de parties du squelette plus sujettes à variations. Ces variations, dont les conséquences sont diverses portent non seulement sur des détails accessoires, mais aussi sur la direction générale, la constitution du corps et de la tête et surtout celle de l'extrémité distale. Pour donner une idée de leur importance j'envisagerai la direction : dans une même espèce j'ai vu des os rectilignes, d'autres convexes ventralement, quelques-uns convexes dorsalement et certains courbés en S. Par la combinaison des multiples modifications que chaque partie de l'os pénien est susceptible de présenter, il se produit pour une seule forme animale un grand nombre d'aspects et, parmi ceux-ci, il en est parfois de si disparates que, si l'on ne connaît pas les êtres dont ils sont issus, on hésite pour les ranger sous une même dénomination.

Je n'émets pas là une hypothèse, puisque le fait s'est produit à diverses reprises. Le meilleur exemple que je puisse citer à cet effet est celui de Nordmann pour l'Ours des Cavernes (*Ursus spelæus* Ros.).

Cet auteur étudia six os péniens d'*Ursus spelæus*, recueillis dans les environs d'Odessa; d'après certaines différences qu'il observa, il les attribua à deux espèces distinctes d'Ours des Cavernes. Or, jusqu'ici, à ma connaissance du moins, par *l'examen des autres pièces du squelette*, on n'a décrit qu'une seule espèce d'Ours des Cavernes, l'*Ursus spelæus* Ros., comportant une variété européenne, originaire de la France méridionale, la variété *minor* Gaud, qui n'a jamais été signalée dans la région d'Odessa, et une variété algérienne, la variété *lartetianus* Bourg., qui ne se trouve pas non plus en Russie. D'autre part, j'ai fait des remarques de même nature que celles de Nordmann non seulement sur des os péniens d'*Ursus spelæus* certains, mais aussi sur des os d'*Ursus arctos*, absolument authentiques puisqu'ils provenaient d'êtres déterminés en peau. De son côté, Grevé a fait des constatations de même ordre. Tout cela concorde à infirmer l'opinion de Nordmann.

Voici donc encore un cas où l'os pénien ne peut pas être envisagé comme bon caractère de diagnose. Il en est un autre.

Chez quelques espèces dont je possédais plusieurs os, j'ai pu ranger ceux-ci en séries régulièrement croissantes par rapport à un caractère judicieusement choisi. Dans ces séries les éléments contigus étaient peu différents, mais les extrêmes étaient fort dissemblables; l'échantillon correspondant au type normal de chaque espèce était généralement vers le milieu de la série, c'est ce que j'appelle le *type moyen* (1).

J'ai comparé entre elles des séries ainsi constituées appartenant à des êtres proches parents, par exemple Marte et Fouine, Putois, Furet et Vison, Chacal, Renard et petites races de chien domestique, etc. Dans ces diverses séries les *types moyens* étaient vraiment caractéristiques de chaque forme animale envisagée; c'est ainsi que nul n'aurait pu confondre un élément moyen de Marte avec un élément moyen de Fouine, un élément moyen de Putois avec celui d'un Furet ou d'un Vison, etc. Il n'en était plus de même pour les sujets extrêmes, la détermination de ceux-ci ne se faisant pas sans hésitation; dans quelques cas même, si l'on n'avait pas connu à l'avance le nom des os, il aurait été bien difficile de décider en toute certitude à quelle espèce l'os devait être rattaché. J'ai d'ailleurs institué l'expérience suivante qui montre bien la réalité du fait.

J'ai mélangé deux séries d'os péniens d'espèces voisines après avoir marqué ceux de l'une d'elles d'un signe presque imperceptible et j'ai prié une personne de mon entourage de les trier; il y eut des erreurs commises pour les extrêmes. J'ai poussé plus loin l'expérience. Après avoir « oublié » quelque temps mes os, je me suis fait présenter un mélange d'éléments de deux espèces voisines, les os de l'une d'elles étant encore marqués; il y eut un élément que j'ai mal classé. Et pourtant je connais mes os ! Il y a près de trois ans, en effet, que je les manipule et, bien souvent, au premier examen, j'ai exactement classé sans hésitation des types moyens.

Si donc tous les os d'une même série présentent entre eux, malgré leurs variations, un air de famille indiscutable, il n'en est pas moins vrai que, si l'on ignore à quel être ils appartiennent, on ne peut reconnaître celui-ci avec certitude que par le type moyen. Si l'on n'a en main qu'un

(1) Cette conception du *type moyen* pour la connaissance d'un élément anatomique n'est pas spéciale à l'os pénien. En collaboration avec un naturaliste de mes amis, je l'ai mis en évidence pour un autre organe que nous étudions depuis plusieurs années; les conclusions auxquelles nous sommes arrivés sont rigoureusement les mêmes que pour l'os pénien. Je me propose de revenir prochainement sur cette question.

élément extrême la difficulté de détermination sera toujours très grande; il faudra beaucoup de prudence pour se prononcer et l'on ne parviendra à un résultat acceptable qu'après une étude attentive des diverses parties de la pièce et leur comparaison successive à celles des types moyens des espèces entre lesquelles on hésite.

CYTOLOGIE. — *Sur les expansions pétaloïdes des leucocytes des Chétopodes; le linome; le monaster neuro-moteur. Le cas de* Leydenia gemmipara *Sch.* Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

C'est à D. Rosa (¹) que l'on doit la première description des pseudopodes pétaloïdes chez les leucocytes; bien que ses observations datent de 1896, les travaux parus depuis en France y font à peine allusion ou même n'en disent rien. Pourtant les publications de Theel, Goodrich et, surtout celles de J. E. Kindred (²) concernant les leucocytes des Echinodermes, montrent que Rosa avait fait une découverte authentique.

J'ai étudié plus particulièrement les leucocytes des genres *Lumbricus*, *Allolobophora*, *Arenicola* et *Nephthys*. Chez les Lumbricidés, les amas leucocytaires du cœlome sont presque entièrement constitués par des leucocytes hyalins au repos. Ce sont là les formes quiescentes des leucocytes corollifères. Rosa, au contraire, a cru à tort qu'ils constituaient une catégorie particulière : les lymphocytes anamœboïdes. Irrégulièrement discoïdes, ils ne présentent que quelques aspérités sur leur pourtour; le cytoplasme montre un réseau fortement indiqué dont les mailles sont aplaties autour du noyau; ce qui tend à donner à ce spongioplasme une structure lamelleuse concentrique; dans les mailles se trouve une substance hyaline peu colorable. Lorsqu'on observe ces éléments *dans des conditions convenables*, on assiste à leur transformation en leucocytes porteurs de corolle. De ceux-ci, on peut se faire l'image suivante : un corps sphéroïdal renfermant le noyau échancré; en regard de l'échancrure, un peu de cytoplasme condensé qui renferme le centrosome, plus volumineux chez *Allolobophora* que chez *Lumbricus;* autour de ce dernier, s'attachent, d'un côté seulement, les singuliers et considérables pseudopodes foliacés qui constituent une énorme figure astérienne. Ce sont là des cellules nettement polarisées; complètement déployées, elles

(¹) Daniel Rosa, *Arch. ital. Biologie*, t. 25, 1896, p. 455.

(²) J. E. Kindred, *Biol. Bull.*, vol. 41, 1921, p. 144 et vol. 46, 1924, p. 228

ne sont pas loin de réaliser un type aussi différencié que les choanocytes des Spongiaires et mériteraient le nom de *choanoleucocytes*.

La formation des pétaloïdes s'accompagne à coup sûr d'un métabolisme important, car leur croissance est liée à la disparition progressive du réseau de spongioplasme. On voit en effet les mailles se défaire comme si leur substance était douée d'une fluidité particulière; il n'en persiste bientôt qu'un petit nombre, de grande taille, dont les tractus sont renforcés par la matière de ceux qui ont disparu. Finalement, on ne trouve plus qu'un cordon plus ou moins épais, périphérique, onduleux, à la bordure des pétaloïdes alors constitués d'une mince lame diversement tordue de cytoplasme tout à fait hyalin. Toute la substance du réticulum s'accumule ainsi dans une sorte de cordon, qui, passant d'un pétaloïde à l'autre sans s'interrompre et en reproduisant leurs ondulations, apparaît comme un anneau compliqué avec des parties enroulées en spirale. Dans certaines coupes, on voit une séparation curieuse, sans doute exagérée par le fixateur, entre la partie fondamentale du cytoplasme et le réseau en train de se filamenter, lequel se présente comme un peloton sidérophile, plus ou moins embrouillé, mais bien individualisé. C'est un argument en faveur de l'indépendance relative du réseau dans le cytoplasme, et, selon moi, la preuve qu'il fait partie de l'appareil moteur différencié de ces cellules mobiles.

Chez *Nephthys*, le noyau des formes déployées est contracté et porte plusieurs échancrures; ses denticules sont rattachées par quelques fibres au centrosome qui renferme plusieurs centrioles; on distingue parfois un grêle axostyle à insertion centrosomique qui se dirige dans un pétaloïde. C'est la disposition que Henneguy a vue dans les leucocytes d'*Ophelia*. La bordure des pétaloïdes, complètement étendue, montre un anneau compliqué en forme de spirème, mais il est bien plus considérable que chez le Lombric et de structure fibrillaire; sa ressemblance est grande avec la formation fibreuse en huit des leucocytes de *Glycera*. On a l'impression qu'il constitue un cadre élastique pour sous-tendre les expansions membraniformes. Ces espèces d'anneaux, notons-le, apparaissent dans des genres où les tissus sont généralement riches en différenciations fibreuses, plus importantes qu'ailleurs (*Nephhys*, *Glycera*).

Linome. — Je désigne ainsi un ensemble hétérogène de formations filamenteuses, sortes de *spirèmes cytoplasmiques* plus ou moins transitoires, qui apparaissent en des éléments variés et soulèvent, entre autres problèmes, celui de la filamentation des protoplasmes, en y comprenant la substance

chromosomique : corps sidérophile de Guieysse dans la cortico-surrénale, dans le corps jaune (Goormaghtigh); inclusion annulaire des myéloblastes humains (Lambin); anneau fibreux des linocytes de *Glycera*, corps réfringent des cellules sphéruleuses d'*Enchytræus*, spirèmes annulaires compliqués des leucocytes des *Nephthys* (A. Dehorne); peut-être aussi les anneaux de Cabot des hématies; peut-être encore les filaments des nématocystes, spirocystes, colloblastes, etc.

Monaster neuro-moteur. — Je propose d'appeler ainsi, en utilisant l'expression de Kofoïd pour les Flagellés, tout l'appareil intéressé dans la locomotion des leucocytes corolligères. Je veux dire, non seulement le noyau et le centrosome, mais encore le réticulum ici décrit et les pétaloïdes, car ces organelles locomotrices, disposées sur un côté du leucocyte, sont l'extériorisation directe de l'aster intérieur et en sont inséparables.

Cas de Leydenia gemmipara. — Trouvée à plusieurs reprises, en Allemagne, dans le liquide d'ascite examiné aussitôt prélevé, elle a été considérée par Schaudinn comme une forme parasitaire du foraminifère *Chlamydophrys stercorea*. Je ne l'ai point observée, mais un certain nombre de raisons me font croire qu'il s'agit de formes déployées de grandes espèces de leucocytes et de cellules endothéliales mobilisées, soumises à des excitations exceptionnelles, issues de conditions pathologiques.

PROTISTOLOGIE. — *Sur les lipoïdes et les graisses des Sporozoaires.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. Henneguy.

On trouve, dans le cytoplasme des Sporozoaires, des formations qui, par leurs affinités pour le Soudan III, le Scharlach R, le bleu de Nil, la chlorophylle et l'acide osmique, se rangent dans la catégorie des lipoïdes ou des graisses. Par l'ensemble de leurs qualités chimiques (actions des colorants, des fixateurs et des solvants), ces lipoïdes se rapprochent du groupe des lécithines, et les graisses sont des graisses neutres. Quelques stades de l'évolution de ces formations ont été suivis dans la gamogonie de la Coccidie *Aggregata Eberthi* et dans le cycle de la Grégarine *Nina gracilis*.

I. *Aggregata Eberthi.* — Les jeunes gamontes renferment dans leur cytoplasme quelques granules lipoïdes, ces granules deviennent plus nombreux pendant la croissance de la Coccidie, certains d'entre eux augmentent de taille et deviennent des vésicules. De forme ovoïde ou circulaire, ces vésicules se divisent en deux catégories : les unes constituent une masse homogène, d'autres présentent un croissant périphérique qui a des affinités plus

marquées pour les colorants des lipoïdes. Ce croissant embrasse une vacuole moins colorable. Les rapports de tailles de ces deux constituants de la vésicule sont variables.

On peut trouver diverses formes intermédiaires entre les types extrêmes qui sont : croissant mince accolé à une grosse vacuole, ou croissant très développé en ménisque concave convexe, présentant, dans sa partie concave, une petite vacuole subsphérique. L'osmiophilie des vésicules et croissants augmente avec leur taille et parallèlement à la croissance de la Coccidie.

Dans le macrogamète ayant achevé sa croissance, les grandes vésicules lipoïdes ont de 3 à 5$^{\mu}$, parfois 6$^{\mu}$, elles se transforment en graisses neutres. Cette transformation est presque totale au stade de migration du noyau vers la périphérie de la Coccidie. Les enclaves de graisse se retrouvent dans l'œuf après la fécondation, puis dans la zone cytoplasmique centrale des rubans de découpage, lors de la formation des sporoblastes. Dans les tissus fixés par des mélanges chromiques ne conservant pas les graisses neutres, on trouve, à la place de ces enclaves, des vacuoles vides dont la périphérie a encore une certaine affinité pour le Soudan III. Cette coloration me semble due à la présence d'un reliquat de la masse lipoïde, génératrice de la graisse. Chaque sporoblaste reçoit une masse lipoïde de 2$^{\mu}$ environ; cette masse se disloquera plus tard lors de la genèse des sporozoïtes.

La masse des lipoïdes du microgamétocyte est un peu inférieure aux réserves en lipoïdes et graisses du macrogamète. La croissance des vésicules est moins rapide, elles atteignent au maximum 3$^{\mu}$,5, rarement 4$^{\mu}$. Leur osmiophilie se développe plus faiblement et leur transformation chimique ne dépasse pas la phase lipoïde. Lors de la genèse des microgamètes, on retrouve ces vésicules lipoïdes dans le reliquat.

II. *Nina gracilis*. — Les jeunes céphalins présentent à la partie antérieure du deutomérite un groupement de fines granulations lipoïdes, la taille de ces granulations est analogue à celle des mitochondries et leur origine mitochondriale paraît probable. A mesure que le céphalin grandit, les granulations grossissent légèrement et de nouvelles se distinguent à la région postérieure de la Grégarine, puis, plus tard, à la périphérie du cytoplasme. Les granulations lipoïdes du protomérite sont surtout abondantes vers sa région postérieure. Elles sont plus petites et moins constantes que celles du deutomérite, mais fréquemment le cytoplasme protomérique est légèrement imprégné de lipoïdes en solution.

L'augmentation de taille de la plupart des granules continue dans les

sporadins, elle est une caractéristique de l'évolution, car les granules d'un sporadin sont plus gros que ceux d'un céphalin de même taille. La répartition des granules dans tout le cytoplasme, déjà manifeste dans les céphalins âgés est nette dans les sporadins où cette répartition est uniforme. La plupart de ces granules ont grossi et sont devenus des vésicules lipoïdes. Ces vésicules de taille moyenne 2$^{\mu}$ sont plus petites que celles de l'*Aggregata* mais elles présentent les mêmes formes et les mêmes caractères. Les types en croissants sont ici plus abondants.

La sexualisation du cytoplasme est nette dans les sporadins. Ceux qui par leurs réserves vitelloïdes (¹) se caractérisent comme ♀ ont une masse lipoïde plus abondante; les vésicules sont plus grosses et plus osmiophiles.

Lors de l'enkystement, la différence entre les deux conjoints est encore plus accentuée; une partie des vésicules lipoïdes ♀ s'est transformée en graisse; l'osmiophilie des vésicules ♂ a peu augmenté. Plus tard, au stade II (²), la forme en croissant domine dans les deux Grégarines; la taille maxima des vésicules est 3$^{\mu}$ à 4$^{\mu}$ pour la ♀, 2$^{\mu}$,5 à 3$^{\mu}$ pour le ♂. Les enclaves de graisse ♀ sont encore localisées à la périphérie du cytoplasme, leur forme est irrégulière mais montre nettement qu'elles sont le résultat de la coalescence de plusieurs vésicules. La suite de l'évolution de ces graisses est complexe (¹). Chez le ♂, au contraire, les vésicules lipoïdes conservent leurs caractères; on les retrouve au moment de la genèse des microgamètes semblables à ce qu'elles étaient au stade II. Comme pour l'*Aggregata*, la phase lipoïde n'est pas dépassée dans le ♂.

Si l'on rapproche ces faits des travaux de Russo sur l'œuf de Lapine, des résultats obtenus par Van der Stricht (³) sur l'ovule de Chatte, par Fauré-Fremiet (⁴) sur les oocytes d'*Ascaris*, il semble rationnel d'admettre comme hypothèse de recherches la proposition suivante : Un des caractères de la sexualisation du cytoplasme serait une différence dans la teneur en lipoïdes ou en graisses des éléments qui donneront les gamètes; en particulier, l'enrichissement en graisses, à un stade de l'évolution, serait un signe d'orientation vers le sens ♀.

(¹) Ph. Joyet-Lavergne, *Les caractères cytoplasmiques de la sexualité dans les Grégarines* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1212).

(²) L. Léger et O. Duboscq, *Étude sur la sexualité chez les Grégarines* (*Arch. f. Protist.*, t. 17, 1909, p. 19).

(³) O. Van der Stricht, *Vitellogenèse dans l'ovule de Chatte* (*Arch. de Biologie*, t. 26, 1911, p. 435).

(⁴) E. Fauré-Fremiet, *Le cycle germinatif chez l'*Ascaris megalocephala (*Arch. Anat. micros.*, t. 15, 1913, p. 486).

PROTISTOLOGIE. — *Sur le déterminisme physiologique des phases du cycle de l'Infusoire* Spirophrya subparasitica *Ch. et Lw.* Note [1] de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Il est rare que les Protistes parasites, que l'on ne peut cultiver, se prêtent à une étude du déterminisme des différentes phases de leur cycle évolutif. Celles-ci sont, par suite d'une adaptation très stricte, conditionnées avec une précision telle que l'intervention expérimentale est incapable de les modifier sans en altérer profondément ou en arrêter la succession. Le Cilié que nous avons décrit sous le nom de *Spirophrya subparasitica* [2] est, nous l'avons montré, à un degré peu avancé de l'adaptation au parasitisme, qui laisse à l'expérimentateur une certaine liberté que nous avons mise à profit.

Notre étude expérimentale a porté surtout sur les conditions de l'éclosion des kystes et sur celles de la nutrition. Rappelons que l'Infusoire se trouve sur les Copépodes libres à l'état de kystes phorétiques qui éclosent à la mort du Copépode, que celui-ci soit tué, ou qu'il soit, condition habituelle de l'expansion de l'infection dans la nature, ingéré et digéré par un hydraire. Dans ces conditions, les petits Ciliés éclosent dans un délai variant de 10 minutes à une heure. Ils pénètrent aussitôt dans le cadavre du Copépode et s'y accroissent. Cette pénétration est, dans la nature, une des conditions indispensables de leur évolution. Les individus éclos et restés hors du Copépode meurent. Il était intéressant de chercher à connaître les causes qui déterminent l'éclosion, la pénétration et les facteurs qui conditionnent la croissance.

Nous avions d'abord pensé que, comme ce paraît être le cas pour beaucoup d'organismes phorétiques, l'immobilité du support, d'où résulterait un certain degré d'asphyxie, suffirait à déterminer le dékystement de l'Infusoire. En conséquence, nous avons immobilisé avec précaution des Copépodes entre lame et lamelle, pendant plusieurs heures, sans les tuer ni les léser. Pas d'éclosions. De nombreuses *Idya* porteuses de kystes ont été placées en cellule fermée sans qu'elles soient immobilisées. Les *Idya* sont mortes asphyxiées sans que les Ciliés aient éclos, ni avant ni après la mort

[1] Séance du 19 janvier 1925.
[2] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1642-1645.

des *Idya*. Leurs kystes pourrissent avec le cadavre du Copépode. Il apparaît ainsi que ni l'immobilité, ni la mort du Copépode ne déterminent l'éclosion. Celle-ci ne peut donc être que le fait des substances émanées du Copépode frais, non putréfié. En fait l'éclosion se produit toujours sur les *Idya* blessées ou écrasées. Mais quand, après les avoir écrasées ou blessées, on lave les *Idya* dans de l'eau de mer, de manière à éliminer ou à diluer les substances émanées des Copépodes, il n'y a pas, ou il n'y a que très peu d'éclosions. Par contre celles-ci s'effectuent normalement quand on plonge des *Idya* vivantes et mobiles dans un broyage de Copépodes (plancton). Elles ne se produisent pas si on a laissé ce broyage se putréfier.

Partant de ces constatations, nous avons pensé obtenir l'éclosion des kystes sur des *Idya* vivantes transportées dans du sang de crabe (*Portunus depurator*). Mais les essais furent négatifs. Étant donné que l'éclosion est très rapide dans la cavité gastro-vasculaire des hydraires, où, dès le début de la digestion, le milieu doit être riche en polypeptides, nous avons essayé de faire éclore les kystes dans de l'eau de mer peptonée, avec plein succès. Les éclosions se produisent très rapides et avec plus de régularité que sur les Copépodes écrasés. A ce point, que l'on peut, en immergeant des *Idya* pendant une heure dans une solution neutralisée de peptone à 1 pour 10 dans l'eau de mer, les dépouiller à coup sûr de tous leurs kystes viables. Nous nous sommes servis de ce procédé pour obtenir des *Idya* dépourvues de kystes, nécessaires à nos expériences de réinfestation.

La croissance des *Spirophrya* qui ont pénétré dans le Copépode est si rapide qu'en 3 heures le Cilié atteint jusqu'à 32 fois le volume initial. Après quoi il passe au repos pendant une vingtaine d'heures, s'enkyste et se multiplie. Cette période de croissance et cette période de repos correspondent à deux phases bien distinctes de la nutrition, et qui pourraient être d'un grand intérêt pour l'étude du métabolisme intermédiaire si l'on pouvait disposer de matériel en quantités analysables.

La première phase est une phase d'accumulation des produits de l'absorption, probablement à l'état de lipoprotéides. Ils apparaissent sous la forme figurée de plages homogènes modérément réfringentes, d'abord multiples et irrégulières, confluant ensuite en une volumineuse masse centrale qui distend autour d'elle le cytoplasme, lamine et étire le noyau.

Dans la deuxième phase, cette masse jusque-là non incorporée au cytoplasme est progressivement digérée et résorbée. C'est la phase d'assimilation proprement dite. La mince couche de cytoplasme périphérique pousse dans

la masse centrale des prolongements, lames ou filaments, qui, de la périphérie vers le centre, la divisent progressivement, de sorte qu'elle passe par un stade de fragmentation dont l'image est celle d'un vitellus en plaquettes. Ces fragments sont résorbés à leur tour et le cytoplasme devient homogène dans toute son étendue. Le noyau reprend progressivement sa structure condensée et sa situation centrale. Le volume de l'Infusoire ne s'est pas réduit au cours de cette évolution; comme il se forme à la multiplication 32 individus de même taille que les individus phorétiques, on a là la mesure exacte de l'accroissement subi.

Cet accroissement ne se produit pas dans la peptone, même très concentrée. Ce produit, qui contient l'excitant de l'éclosion, ne contient pas les substances nécessaires à la nutrition. Mais l'addition de sang de crabe, ou le transport des Ciliés de l'eau de mer peptonée dans le sang de crabe, détermine l'accroissement. Il est donc probable que l'excitant de l'éclosion est une substance relativement simple (acides aminés?), en tout cas facilement dialysable à travers la paroi kystique, tandis que la nutrition exige un aliment beaucoup moins dégradé, probablement une albumine fraîche, non diffusible à travers le kyste.

Ces constatations nous permettent de préciser la nature et le degré du parasitisme des *Spirophrya* que nous étions quelque peu embarrassés de définir d'après les seuls rapports morphologiques de l'Infusoire avec le Copépode sur lequel il n'effectue, tant que celui-ci est vivant, qu'un stage externe (phorésie), et avec l'hydraire, dans lequel il ne passe que le temps d'une digestion, sans rien lui emprunter qui lui appartienne en propre. C'est le besoin de protéines fraîches de l'hémolymphe qui définit ici le degré physiologique du parasitisme et le différencie de la nécrophagie qui n'est en réalité qu'une forme de la bactériophagie.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les agents de transformation des toxines en anatoxines.* Note [1] de MM. **A. Berthelot** et **G. Ramon**, présentée par M. Roux.

A la suite de recherches ayant leur point de départ et leur appui dans la réaction de floculation [2], l'un de nous a montré qu'une toxine, même très

(1) Séance du 19 janvier 1925.

(2) G. Ramon, Voir *Annales Inst. Past.*, t. 37, 1923, p. 1001.

nocive, comme la toxine diphtérique, pouvait être transformée en un produit nouveau désigné sous le nom d'anatoxine et qui, dépourvu de toxicité, possède cependant toutes les qualités antigènes, *in vitro* (pouvoir floculant) et *in vivo* (pouvoir immunisant), de la toxine d'où il est issu. Déjà au cours de ces premiers essais (³) il avait été possible de se rendre compte que cette transformation de la toxine en anatoxine pouvait être obtenue par l'action combinée de la chaleur de l'étuve et de l'aldéhyde formique et aussi, mais avec moins de facilité et des résultats moins bons (²), par l'action de la chaleur ménagée et prolongée seule, ou bien encore de l'iode (³) (liqueur de Gram).

Il était intéressant de poursuivre la recherche de ces agents capables de transformer une toxine, quelle qu'elle soit, en anatoxine. A l'heure actuelle, grâce surtout à la réaction de floculation, contrôlée le plus souvent par l'expérimentation chez l'animal, nous avons pu étudier l'action sur les toxines, et en particulier sur la toxine diphtérique de très nombreuses substances chimiques (⁴) : acides (acétique, formique, etc.); alcalis (ammoniaque); alcools (éthylique, méthylique); éthers, aldéhydes (éthylique, crotonique, benzoïque, acroléine, etc.), paraldéhydes, acétone; composés les plus divers et en général plus ou moins antiseptiques : chloroforme, hexaméthylène-tétramine; acétals (méthylal), chloramine, sunoxol ou quinosol, rongalite, proflavine, fluorure de sodium, fluoborate, perborate de soude, persulfate de potasse, etc.

Nous n'entreprendrons pas de faire connaître dans cette Note les détails des expériences entreprises, les résultats obtenus avec chacun des corps envisagés, non plus que les indications ou enseignements particuliers ou généraux à tirer de ces résultats; nous nous bornerons simplement à attirer l'attention sur quelques-unes de ces substances particulièrement intéressantes au point de vue qui nous occupe ici.

Si à 100$^{cm^3}$ d'une toxine diphtérique qui, au moment de sa filtration (10ᵉ jour de culture) tue le cobaye au $\frac{1}{700}$ de centimètre cube, on ajoute 2$^{cm^3}$,5 d'une solution

---

(¹) G. RAMON, *C. R. Soc. Biol.*, t. 89, 1923, p. 2. — *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1338, et t. 178, 1924, p. 1436.

(²) G. RAMON, *Annales Inst. Past.*, t. 38, 1924, p. 1.

(³) WEINBERG et GOY ont récemment montré (*C. R. Soc. Biol.*, t. 91, 1924, p. 1140) qu'une anatoxine botulinique obtenue avec l'iode est également moins bonne que le produit de transformation de la toxine botulinique par le formol.

(⁴) Action isolée ou associée à celle de la chaleur par exemple.

aqueuse d'acroléine (¹) à 74 pour 1000, on constate qu'après 5 à 6 semaines environ de séjour à l'étuve, cette toxine ainsi traitée ne tue plus le cobaye même à la dose de plusieurs centimètres cubes. Par contre, elle a conservé sa valeur antigène ainsi qu'en témoigne la réaction de floculation (on note seulement un retard plus ou moins grand dans l'apparition de la floculation); elle est donc comme on peut s'en rendre compte chez le cobaye, qu'elle immunise, transformée en anatoxine.

La même quantité, $2^{cm^3},5$ d'une solution aqueuse d'aldéhyde crotonique à 93 pour 1000 ajoutée à 100^{cm^3} de toxine diphtérique transforme également dans le même temps cette toxine en anatoxine.

Avec l'aldéhyde éthylique il faut 4^{cm^3} à 5^{cm^3} d'une solution à 58 pour 1000 (équimoléculaire aux précédentes) pour obtenir des résultats équivalents. Ajoutons que dans des conditions analogues une solution de paraldéhyde ne provoque pas la même transformation, même à doses beaucoup plus élevées.

Si l'on étudie maintenant l'action de l'hexaméthylène-tétramine, on constate que cette substance, ajoutée à la toxine diphtérique à raison de 12^g à 15^g par litre, permet d'obtenir une anatoxine après 1 mois à 5 semaines de séjour du mélange à la température de l'étuve (38°-40°).

Ainsi avec l'acroléine, l'aldéhyde crotonique, l'aldéhyde éthylique et l'hexaméthylène-tétramine, nous sommes donc en possession de nouveaux agents de transformation des toxines en anatoxines. Si les deux premiers ne semblent pas devoir être retenus au point de vue pratique à cause de leur action irritante sur les tissus vivants, il n'en est pas de même des deux autres. L'aldéhyde éthylique (²) en particulier, qui agit lentement sur les toxines d'une façon peut-être moins brutale que l'aldéhyde formique, semble particulièrement indiquée pour la transformation en anatoxine de la toxine tétanique dont les qualités antigènes nous ont toujours paru sensiblement plus fragiles que celles de la toxine diphtérique. Des expériences sont actuellement en cours à ce sujet.

A $16^h 15^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

(¹) Au sujet des propriétés de l'acroléine, voir la Note de l'un de nous : A. Berthelot, *Recherches sur les propriétés antiseptiques de l'acroléine* (*Revue d'Hygiène*, t. 44, 1922, p. 16).

(²) Signalons que la toxine diphtérique ou tétanique qui subit l'influence de l'aldéhyde éthylique prend une coloration rosée puis rouge dont l'intensité augmente graduellement les premiers jours pour arriver facilement à une teinte fixe rouge safran. Ce détail peut avoir son importance, il peut permettre en effet de reconnaître à première vue une anatoxine obtenue à l'aide de l'aldéhyde éthylique.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géographie et Navigation présente, par l'organe de son Doyen, la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *L. Bertin* :

En première ligne. . . . . M. **Eugène Fichot**.

En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique. MM. **Félix Arago**, **Charles Doyère**, **Georges Perrier**, **Édouard Perrin**, **Jean Tilho**.

A cette liste l'Académie ajoute le nom de M. **Charles Maurain**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h30^m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de janvier 1925.

Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris, dressésous la direction de M. Alfred Lacroix, par M. Léon Pultingaire. Fasc. II. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 vol. 22cm,5.

Les maîtres de la pensée scientifiques. *Sur l'Électrodynamique des corps en mouvement*, par A. Einstein. Traduit par M. Solovine. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. Paul Painlevé.)

Quatre conférences sur la théorie de la relativité faites à l'Université de Princeton, par Albert Einstein. Traduites par Maurice Solovine. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Paul Painlevé.)

Service technique de l'Aéronautique; bulletin technique : *Étude sur le vol à voile dynamique; recherches expérimentales sur la structure du vent*, par A. Magnan, No 21, novembre 1924; 1 fasc. 31cm,5. (Présenté par M. A. Rateau.)

Théorie nouvelle de la probabilité des causes, par Stanislas Millot. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

Visions d'Afrique, par Louis Proust. Paris, Aristide Quillet, 1924; 1 vol. 23cm,5

Discursos leidos en la solemne inauguración de la II asamblea general de la Union geodésica y geofisica internacional el dia 1° de octubre de 1924. Madrid, Talleres del Instituto geogràfico, 1924; 1 fasc. 24cm,5.

Arnaud de Gramont (1861-1923), par Charles Fabry. Extrait de la *Revue d'Optique théorique et instrumentale*, 3 (1924), (153-156).

Notice biographique sur A. de Gramont, par A. Haller. Paris, Imprimerie Paul Dupont, 1924; 1 fasc. 22cm,5.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 FEVRIER 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur la détermination des vitesses radiales des étoiles.* Note de M. **Maurice Hamy.**

La détermination des vitesses radiales des astres repose sur la comparaison des raies de leurs spectres, appartenant à certains éléments, à celles des raies des mêmes éléments obtenues à la surface de la Terre. En vertu du principe Doppler-Fizeau, les longueurs d'ondes des radiations émises par une source mobile par rapport à l'observateur diminuent lorsque la source s'approche et augmentent lorsqu'elle s'éloigne. Au point de vue quantitatif, les variations sont proportionnelles à la vitesse radiale relative. C'est cette propriété qui sert de point de départ, pour évaluer expérimentalement les vitesses dont il s'agit.

On a cru longtemps les longueurs d'ondes des radiations émises par tous les corps, à l'état de repos, rigoureusement invariables; c'est pourquoi la mesure des vitesses radiales paraissait pouvoir acquérir un degré d'exactitude capable de suivre les perfectionnements apportés aux moyens d'observation. La découverte de l'altération des longueurs d'ondes provoquées par la pression (1), en montrant, pour la première fois, que cette constance n'est pas absolue, est venue compliquer singulièrement le problème de la détermination des vitesses radiales. Depuis lors, d'autres causes d'alté-

---

(1) W.-J. Humphreys Jewell et J.-F. Mohler, *Astrophysical Journal*, t. 3, 1896, p. 114 et 138.

rations (¹) ont été mises en lumière et rien ne prouve que l'on n'en décèlera pas de nouvelles. En fait on constate pratiquement des déplacements anormaux de beaucoup de raies spectrales qui restent inexpliqués.

La cause perturbatrice récemment prévue par Einstein est un effet de gravitation, agissant dans le même sens que la pression, et tendant à accroître les longueurs d'ondes des radiations émises à la surface d'un astre de très grande masse. Son existence effective a été établie expérimentalement par Perot (²), en comparant les longueurs d'ondes terrestres de deux raies du magnésium, inégalement sensibles à la pression, à celles que possèdent les raies solaires correspondantes. Par ce moyen, l'auteur a séparé les effets individuels de pression et de gravitation. Il a trouvé que ce dernier possède la valeur assignée par la loi d'Einstein, le premier indiquant d'ailleurs que la vapeur de magnésium, dans la couche renversante, est soumise à une pression montant à une faible fraction d'atmosphère. Or, avant les recherches d'Einstein, Fabry et Buisson avaient étudié, au moyen de l'interféromètre, les écarts existant entre les positions de certaines raies solaires du fer, par rapport aux raies d'arc correspondantes d'origine terrestre, écarts signalés autrefois par Rowland et Jewell et attribués à la pression. Fabry et Buisson (³), avaient trouvé que cette hypothèse est conciliable avec les faits d'expérience, en admettant l'existence d'une pression de plusieurs atmosphères dans le Soleil. Toutefois diverses particularités, signalées par les auteurs, se trouvaient en opposition avec semblable explication. C'est ainsi que certaines raies du fer, aussi fines dans le Soleil que dans l'arc engendré dans le vide, s'élargissent cependant sous l'action de la pression. Par ailleurs, d'autres raies qui se déplacent plus que les autres, par l'effet de la pression, ne présentent aucun désaccord, quand on passe de l'arc au Soleil.

A la suite des recherches de Perot, les auteurs ont reconnu (⁴), en discutant à nouveau leurs anciennes mesures, que les déplacements des raies solaires du fer, par rapport aux raies d'arc terrestre émises dans le vide,

---

(¹) Les phénomènes de Zeeman et de Stark se rapportent à la décomposition, en plusieurs composantes, affectées de polarisation rectiligne ou circulaire, d'une radiation qui prend naissance dans un champ magnétique ou électrique. Ces composantes étant symétriques, dans l'échelle des longueurs d'ondes, par rapport à la radiation dont elles dérivent, il n'en résulte aucun effet sur la mesure des vitesses radiales.

(²) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 578.

(³) *Comptes rendus*, t. **148**, 1909, p. 688 et 1240.

(⁴) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1020.

s'expliquent exactement et uniquement par l'effet Einstein. Toutes les anomalies disparaissent alors complètement sans exception. De son côté, en appliquant la méthode de Perot aux raies du fer dont les déplacements, sous l'influence de la pression, ont été mesurés autrefois par Gale et Adams, Salet (¹) a constaté la faiblesse de la pression de la vapeur de ce métal dans la couche renversante du Soleil. La même méthode, appliquée à Arcturus et Procyon, a conduit à admettre que la pression de la vapeur renversante du fer, dans ces étoiles, est du même ordre de grandeur que dans le Soleil. Ces résultats reposent sur l'utilisation de spectrogrammes réalisés au grand spectrographe stellaire, de type particulier, de l'Observatoire de Paris. Bien qu'ils aient été obtenus en atteignant et dépassant même la limite de précision raisonnablement accessible aux mesures, ils s'accordent avec ceux plus étendus de C.-E. Saint-John et H.-D. Babcock (²) qui ont utilisé depuis des moyens beaucoup plus puissants.

La variation moyenne des longueurs d'ondes des raies du fer, sous l'influence de la pression (³), entre $\lambda 3903$ et $\lambda 4337$, est de $0^{A},0035$ par atmosphère. La variation des longueurs d'ondes des raies dans les étoiles de types spectraux, voisins de celui du Soleil, peut en conséquence être considérée comme très faible et raisonnablement inaccessible aux mesures effectuées sur les spectrogrammes couramment réalisés, dans les observatoires, pour la recherche des vitesses radiales. C'est ainsi qu'une des dispersions du spectrographe de Paris, exceptionnellement forte et applicable uniquement aux étoiles les plus brillantes, fournit des spectres photographiques sur lesquels l'écartement des raies correspond à $4^{A},1$ par millimètre, dans le voisinage $\lambda 4405$. Les pointés sur les spectrogrammes (⁴) ne pouvant être exécutés normalement avec une approximation dépassant 1^{μ}, ce qui correspond à une limite de précision de $0^{km},3$, pour les vitesses radiales, les effets de pression d'une fraction d'atmosphère sont, en bonne logique, négligeables, même pour cette dispersion et *a fortiori* pour les dispersions courantes. Par contre, l'effet de gravitation d'Einstein, pour les astres comparables au Soleil, est sensible. Il se traduit en effet par l'éga-

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 250. — *Astrophysical Journal*, t. 53, 1921, p. 327.

(²) *Astrophysical Journal*, t. 60, 1924, p. 32.

(³) W.-J. Humphreys, *Astrophysical Journal*, t. 22, 1905, p. 218.

(⁴) Le spectrographe ayant $2^{m},50$ de foyer, le micron, sur les clichés, correspond à un écart angulaire moindre que $0'',1$.

lité [1]

$$\lambda_{\odot} - \lambda_{♁} = 0,0000021\,\lambda_{♁},$$

$\lambda_{\odot}$ et $\lambda_{♁}$ représentant respectivement les longueurs d'ondes d'une même radiation émise à la surface du Soleil et sur la Terre. Pour $\lambda_{♁} = 4405$ A, la différence atteint $0^{A},009$. L'effet est mesurable et son action sur les vitesses radiales monte à $0^{km},6$.

Une autre cause perturbatrice, sur laquelle j'ai appelé déjà l'attention [2], est la suivante. A. Michelson, à propos de ses mémorables recherches sur la détermination du mètre en longueurs d'ondes lumineuses, a découvert que la plupart des radiations qu'il a étudiées dans ses expériences ne sont pas simples mais composées de plusieurs autres, de longueurs d'ondes trop voisines, pour pouvoir être séparées par l'emploi des appareils dispersifs ordinaires. La conséquence de ce fait est que la plupart des raies d'un spectre ont une position dépendant d'une longueur d'onde moyenne, elle-même fonction des longueurs d'ondes et des éclats relatifs des radiations isolées rentrant dans leur constitution.

D'ailleurs, par radiation isolée, on ne doit pas entendre une radiation provenant d'un mouvement vibratoire simple qui existe bien en acoustique mais non en optique, à cause des mouvements rapides en tous sens animant les nombreuses molécules qui interviennent simultanément dans l'émission des ondes lumineuses. Il s'agit en réalité de radiations occupant un espace plus ou moins resserré, dans l'échelle des longueurs d'ondes. Parmi ces radiations, encore faut-il distinguer celles dont la courbe d'intensité, tout entière comprise entre les deux longueurs d'ondes qui marquent leurs limites, est symétrique par rapport à une ordonnée centrale, des radiations dissymétriques qui ne jouissent pas de cette propriété. Les premières ont des positions parfaitement définies dans le spectre par celles des ordonnées centrales. Leurs longueurs d'ondes, déterminées par les réseaux ou l'interféromètre, se confondent avec celles qui correspondent à ces ordonnées particulières. Il n'en est plus de même pour les radiations dissymétriques et, fussent-elles très fines, leurs positions dans le spectre sont mal définies.

Or il arrive, d'une part, que la constitution des raies complexes peut être influencée par le mode d'excitation qui lui donne naissance, par la température et l'état plus ou moins parfait de pureté de la vapeur métallique fournissant les raies. C'est ce qui est nettement mis en évidence par la

(1) E. Picard, *Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1922, p. B.26.
(2) *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 1156.

radiation complexe λ5086 du cadmium, double lorsqu'elle est engendrée par les tubes à vide, à électrodes intérieures, de Michelson, et triple lorsqu'elle prend naissance, dans les tubes à gaines, sans électrodes intérieures. Ce fait est de plus accompagné d'un changement très marqué des éclats relatifs des composantes, lorsque la température de la vapeur varie de quelques degrés seulement autour de 300°. Ces causes ont pour effet de faire varier la position, sur un spectrogramme, de la raie λ 5086 dont les composantes, non séparées, forment un tout global. La variation est d'ailleurs très importante. Le satellite de la raie λ5086, fournie par les tubes de Michelson, était relativement faible, la longueur d'onde moyenne de cette raie se confond pratiquement avec celle de la composante principale, mesurée par Michelson, savoir $\lambda = 5085,822$.

D'autre part, mes tubes, sans électrodes intérieures ([1]), émettent le doublet de Michelson, accompagné d'une troisième composante moins réfrangible, de même éclat que la composante principale du doublet, lorsque la vapeur du métal est à la température normale de 300°. La longueur d'onde de cette composante a pour valeur $\lambda = 5085,900$. Il en résulte que la longueur d'onde moyenne de la radiation λ 5086, fournie par les derniers tubes, surpasse de $0^{A},039$ celle que l'on observe avec les tubes de Michelson. Des écarts semblables introduisent, dans les vitesses radiales, des variations atteignant $2^{km},7$ dans le voisinage de la longueur d'onde λ 4405. Cet exemple fait toucher du doigt la grosse importance des effets produits par le changement de constitution des raies spectrales. Devant eux les autres, signalés ci-dessus, ne comptent pour ainsi dire pas. En fait des différences de cet ordre et surtout de 2^{km} à 1^{km} se présentent constamment, entre les résultats obtenus avec diverses raies, dans la détermination des vitesses radiales, même en faisant usage des raies paraissant bien définies.

Est-il possible de se mettre à l'abri d'effets perturbateurs de ce genre? Il semble que l'on y parviendrait en choisissant convenablement les raies à employer, pour mesurer les vitesses radiales, en partant de spectrogrammes solaires à très grande dispersion, obtenus en prenant, comme source, le centre du Soleil ou sa lumière globale, et encadrés de raies de comparaison empruntées à l'arc au fer dans le vide. Cette dernière condition est indispensable. Buisson et Fabry ([2]) ont en effet reconnu que les raies

([1]) *Revue d'optique théorique et instrumentale*, t. 3, 1924, p. 488. Voir aussi *Comptes rendus*, t. 124, 1897, p. 749, et t. 126, 1898, p. 231.

([2]) *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1240.

de fer forment deux groupes : celles qui s'élargissent dissymétriquement vers le rouge ou vers le violet, sous l'influence de la pression atmosphérique, et celles qui s'élargissent symétriquement. A l'exception de ces dernières qui subissent des déplacements vers le rouge de l'ordre de $0^{A},002$, les autres présentent des déplacements capricieux beaucoup plus élevés et susceptibles de fausser gravement les résultats. La mesure des déplacement des raies solaires du fer de ces spectrogrammes, par rapport aux raies d'émission correspondantes dans le vide, conduirait à dresser un tableau de deux catégories de raies : celles dont les déplacements répondent exactement à l'effet Einstein et celles qui s'en écartent.

Laissant systématiquement de côté ces dernières, il conviendrait de choisir, pour la mesure des vitesses radiales des étoiles, de types spectraux voisins du type solaire, des raies appartenant à la première catégorie dont la constitution, quand on passe de l'arc terrestre au Soleil, peut être regardée comme invariable ([1]). On retiendrait les raies bien définies, dans les spectres stellaires, et suffisamment isolées, pour que leurs positions ne soient pas influencées par les raies voisines. D'après les résultats de Buisson et Fabry, parmi les raies ainsi conservées, les meilleures seraient vraisemblablement celles qui s'élargissent symétriquement par la pression, vu la faiblesse de leurs déplacements sous l'influence de cet agent. Les raies solaires correspondantes, comparées aux raies stellaires par la méthode d'Hartmann, donneraient incontestablement un maximum de garanties d'exactitude. Des raies appartenant à d'autres substances que le fer et sélectionnées par des moyens analogues pourraient d'ailleurs être utilisées, concurremment aux premières, pour augmenter le nombre des comparaisons.

En opérant de la sorte il semble, dans l'état actuel de la Science, que les erreurs résiduelles, affectant les vitesses radiales, seraient causées par les différences d'effet Einstein entre le Soleil et les étoiles. Ces erreurs ne peuvent être que très faibles et le plus souvent inférieures à la limite de précision pratiquement accessible, vu les dispersions dont il faut se contenter. C'est pourquoi toute raie, donnant un écart systématique par rapport aux

---

([1]) Dans leurs recherches, Buisson et Fabry ont fait usage des franges de transmission des lames argentées, pour mesurer les longueurs d'ondes des raies d'arc d'émission et des raies d'absorption solaires correspondantes. Cette méthode ne s'applique qu'à des raies très fines, la plupart du temps inobservables, dans les spectres stellaires. C'est pourquoi des raies plus fortes doivent être sélectionnées, en faisant emploi d'appareils dispersifs puissants.

autres, devrait être impitoyablement éliminée, comme influencée pour une cause perturbatrice inconnue. On doit noter d'ailleurs que si les rayons émanant d'une étoile traversaient, le long de leur trajet, des masses gazeuses, en mouvement rapide, la vitesse radiale mesurée de l'astre se trouverait plus ou moins altérée, sans que l'on puisse entrevoir actuellement un moyen de s'en apercevoir et de s'affranchir de pareille cause d'erreur.

Un accord international, relatif aux raies de comparaison à employer dans la détermination des vitesses radiales, aurait certainement les plus heureuses conséquences. Il permettrait notamment la recherche des causes des différences systématiques existant entre les résultats obtenus par les différents observatoires, différences sur l'origine desquelles on est réduit actuellement à émettre simplement des hypothèses ([1]).

PHYSIQUE. — *Sur les perturbations de transmission à grande distance des ondes hertziennes.* Note ([2]) de M. G. **Bigourdan**.

Dans une Note récente ([3]), j'ai réuni des nombres obtenus en 1923, pour étudier la grandeur de ces perturbations sur de grandes distances. Le tableau suivant donne les moyennes mensuelles, trimestrielles et annuelles des valeurs de Δ, exprimées aussi en millièmes de seconde. Pour chaque Δ la colonne de gauche donne la somme des écarts positifs, avec leur nombre entre parenthèses, et celle de droite de même celle des écarts négatifs.

La moyenne générale des valeurs annuelles est $0^s,013$.

([1]) Parmi les causes d'erreurs, il faut mentionner la flexion des spectrographes entraînés dans l'espace, au foyer des lunettes, flexion constamment variable. Le spectrographe installé au grand équatorial coudé, demeure complètement immobile pendant la pose des spectres. Les résultats sont, en conséquence, à l'abri des effets de flexion.

([2]) Séance du 26 janvier 1925.

([3]) *Comptes rendus*, t. 180, 1925, p. 233.

TABLEAU.

Moyennes mensuelles, trimestrielles et annuelles.

1923.	Δ_p.		$\Delta_{1,p}$.		$\Delta_{2,p}$.		Δ_g.	
	Σ.	Σ.	Σ.	Σ.	Σ.	Σ.	Σ.	Σ.
	+	−	+	−	+	−	+	−
Janv...	22 (3)	59 (5)	00 (0)	08 (1)	32 (1)	0 (0)	35 (5)	52 (3)
Fév...	99 (6)	8 (1)	00 (0)	54 (2)	6 (1)	30 (1)	70 (4)	59 (4)
Mars...	82 (4)	186 (9)	10 (1)	34 (2)	48 (4)	24 (2)	114 (8)	28 (4)
	203 (13)	253 (15)	10 (1)	96 (5)	86 (6)	54 (3)	219 (17)	139 (11)
	16	**17**	**10**	**19**	**14**	**18**	**13**	**13**
Avril..	32 (4)	151 (9)	46 (3)	59 (4)	67 (6)	45 (3)	86 (7)	45 (5)
Mai...	139 (10)	176 (11)	45 (5)	125 (8)	92 (6)	54 (5)	153 (13)	85 (6)
Juin...	142 (11)	181 (13)	31 (4)	109 (6)	65 (6)	157 (10)	185 (11)	115 (12)
	313 (25)	508 (33)	122 (12)	293 (18)	224 (18)	256 (18)	424 (31)	245 (23)
	13	**15**	**10**	**16**	**12**	**14**	**14**	**11**
Juill...	9 (2)	302 (17)	106 (10)	31 (5)	157 (10)	32 (5)	122 (13)	65 (6)
Août...	60 (5)	187 (10)	82 (4)	63 (5)	55 (6)	98 (5)	83 (6)	160 (8)
Sept...	31 (4)	120 (6)	91 (5)	00 (0)	43 (2)	42 (5)	123 (8)	12 (2)
	100 (11)	609 (33)	279 (19)	94 (10)	255 (18)	172 (15)	328 (27)	237 (16)
	9	**18**	**15**	**9**	**14**	**11**	**12**	**15**
Oct....	137 (9)	267 (13)	131 (5)	56 (5)	110 (8)	75 (6)	152 (12)	152 (11)
Nov...	56 (6)	115 (11)	72 (5)	73 (9)	81 (7)	172 (9)	248 (11)	101 (7)
Déc...	48 (9)	69 (11)	57 (8)	126 (8)	79 (9)	111 (8)	140 (7)	141 (13)
	241 (24)	451 (35)	260 (18)	255 (22)	270 (24)	358 (23)	540 (30)	394 (31)
	10	**13**	**14**	**12**	**11**	**16**	**18**	**13**
Année.	857 (73)	1821 (116)	671 (50)	738 (55)	835 (66)	840 (59)	1517 (105)	1015 (81)
Val. moy...	**12**	**16**	**13**	**13**	**13**	**14**	**14**	**13**

1923.	Δ_h.		Δ_0.		Δ_u.		Δ_w.	
	Σ.	Σ.	Σ.	Σ.	Σ.	Σ.	Σ.	Σ.
	+	−	+	−	+	−	+	−
Janv...	38 (5)	35 (3)	0 (0)	0 (0)	24 (1)	0 (0)	37 (4)	24 (4)
Fév...	15 (1)	100 (7)	0 (0)	0 (0)	88 (3)	0 (0)	36 (4)	43 (3)
Mars...	2 (1)	112 (5)	60 (8)	16 (2)	24 (1)	0 (0)	104 (9)	40 (3)
	55 (7)	247 (15)	60 (8)	16 (2)	136 (5)	0 (0)	177 (17)	107 (10)
	8	**16**	**8**	**8**	**27**	»	**10**	**11**
Avril..	27 (4)	57 (4)	53 (5)	52 (7)	130 (6)	20 (1)	00 (0)	00 (0)
Mai...	49 (2)	224 (12)	72 (10)	90 (12)	262 (17)	42 (3)	00 (0)	00 (0)
Juin...	34 (2)	275 (16)	83 (8)	118 (13)	405 (18)	24 (2)	00 (0)	00 (0)
	110 (8)	556 (32)	208 (23)	260 (32)	797 (41)	86 (6)	0 (0)	0 (0)
	14	**17**	**9**	**8**	**19**	**14**	»	»
Juill...	12 (1)	248 (15)	83 (11)	77 (8)	257 (13)	00 (0)	00 (0)	00 (0)
Août...	22 (1)	18 (2)	140 (8)	67 (6)	273 (7)	118 (7)	00 (0)	00 (0)
Sept...	17 (2)	37 (1)	69 (7)	38 (2)	32 (1)	161 (6)	00 (0)	00 (0)
	51 (4)	303 (18)	292 (26)	182 (16)	562 (21)	279 (13)	0 (0)	0 (0)
	13	**17**	**11**	**11**	**27**	**21**	»	»
Oct....	32 (3)	116 (8)	259 (17)	86 (6)	87 (6)	205 (10)	18 (3)	00 (0)
Nov...	34 (3)	49 (6)	77 (8)	90 (11)	120 (6)	87 (4)	19 (4)	21 (3)
Déc...	22 (3)	53 (4)	177 (19)	18 (2)	55 (5)	68 (8)	54 (7)	74 (8)
	88 (9)	218 (18)	513 (44)	194 (19)	262 (17)	360 (22)	91 (14)	95 (11)
	10	**12**	**12**	**10**	**15**	**16**	**6**	**9**
Année.	304 (23)	1324 (83)	1073 (101)	652 (69)	1757 (84)	725 (41)	268 (31)	202 (21)
Val. moy...	**11**	**16**	**11**	**9**	**21**	**18**	**9**	**10**

Les différences Δ englobent à la fois les erreurs de réception et les perturbations éventuelles que nous cherchons à mettre en évidence. On voit que d'un observatoire à l'autre l'écart avec la moyenne générale M atteint $0^s,008$ et que les observatoires les plus éloignés du point d'émission (Ottawa et Washington) ne présentent pas d'écart anormal; ce serait plutôt un observatoire relativement rapproché (Uccle).

Ainsi, pour les grandes distances considérées ici, la conclusion reste la même que pour celles de distances moyennes, sur lesquelles avaient porté les observations de 1922 : les écarts qui peuvent être attribués aux perturbations de transmission restent inférieurs à un centième de seconde de temps.

J'ajouterai quelques remarques suggérées par nos enregistrements.

Les nombres $D_{1,p}$, $D_{2,p}$ obtenus à Paris dépendent, dans une certaine mesure, de la *nature* de l'émission radiotélégraphique. Cette dépendance serait difficile à observer à l'oreille, mais elle est très nette sur les enregistrements. Même elle est assez considérable sur les signaux de Lyon 8^h (que nous ne considérons pas ici), quand l'émission est faite en ondes entretenues par *alternateur;* sans être nulle dans les émissions en ondes entretenues par *arc*, elle se manifeste aussi pour Lyon. Pour les émissions du poste Lafayette, les mêmes influences sont beaucoup moins prononcées, mais existent cependant, et les nombres $D_{1,p}$, $D_{2,p}$ ci-dessus en doivent être affectés.

La cause générale, avec l'alternateur, peut en être quelque irrégularité dans la rotation du *rotor*, car elle se manifeste surtout au début des signaux, au moment du changement de régime; les premiers, 1, 2,..., en sont affectés seuls, à l'exclusion des derniers. Ainsi il est utile de noter chaque fois la nature de l'émission, dans les postes où l'on peut en employer de plusieurs natures. En outre l'enregistrement, par sa précision même, donnera des indications sur la cause des perturbations, en permettant de voir si plusieurs postes sont affectés en même temps.

ÉLECTRICITÉ. — *Nouvelle méthode pour l'analyse harmonique des courbes de force électromotrice des alternateurs.* Note (¹) de M. **André Blondel.**

La solution la plus parfaite pour l'étude de l'onde dans un alternateur est celle de l'analyseur harmonique à résonance qui a fait l'objet de ma

(¹) Séance du 26 janvier 1925.

Communication du 11 novembre 1918 (¹), en ayant soin seulement de grouper dans un même appareil 8 équipages de résonance réglée préalablement sur la fréquence fondamentale (50 périodes par exemple) et ses harmoniques impairs successifs (de rang 3 à 15).

J'exposerai ici une autre solution reposant sur un principe tout à fait différent et qui ne fait pas appel à la résonance; elle consiste à relever, au moyen d'un oscillographe, non pas l'onde même de l'alternateur, mais une courbe transformée ou « transfigurée » de cette onde et telle que les harmoniques supérieurs y figurent avec des amplitudes multipliées par des facteurs connus, et permettant la mesure de ces harmoniques avec une précision proportionnelle au coefficient de multiplication.

Dans ce qui suit, j'examinerai successivement un dispositif à amplificateur thermoionique, et un dispositif à condensateur.

1° *Transfiguration de la courbe oscillographique par amplificateur thermoionique.* — Les amplificateurs à fréquence musicale dits à basse fréquence, qui sont couramment employés aujourd'hui pour les réceptions téléphoniques, comportent, on le sait, des étages à transformateurs.

Pour la transfiguration des courbes oscillographiques, il convient de réaliser des conditions spéciales : d'une part, l'impédance du primaire de chaque transformateur doit être assez faible à côté de la résistance intérieure de la lampe pour ne pas modifier d'une manière sensible l'intensité du courant de plaque, produit par l'harmonique le plus élevé qu'on veut étudier. On peut en général admettre que pour l'harmonique 31, l'impédance du transformateur ne devra pas dépasser le $\frac{1}{5}$ de la résistance intérieure qui peut atteindre 50000 ohms avec les lampes dites « supermicros ». D'autre part, la tension appliquée par le secondaire du transformateur à la grille de la lampe suivante doit être proportionnelle à $n\omega$ en appelant n le rang de l'harmonique et ω la vitesse de pulsation de l'harmonique fondamental. On peut obtenir ce résultat en utilisant des transformateurs à circuit magnétique ouvert dont la réluctance magnétique est sensiblement constante et l'hystérésis négligeable; on peut établir des transformateurs de ce genre présentant dans leur circuit primaire une inductance d'environ 1 heury.

Avec un courant industriel de fréquence 50 périodes, la vitesse de pul-

(¹) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 711. Voir aussi pour plus de détail les *Annales de Physique*, t. 10, novembre et décembre 1918, p. 195.

sation ω est 314 et pour l'harmonique n° 31 correspondant, $n\omega$ a atteint en chiffres ronds la valeur 10000; à l'inductance de 1 henry correspond une réactance de 10000 ohms, qui est bien égale au $\frac{1}{5}$ de la résistance interne de la lampe prévue.

Bien entendu, pour que les lampes ne déforment pas les ondes, on doit les faire travailler dans la partie rectiligne de la caractéristique de plaque et en maintenant la grille toujours négative de manière à éviter les courants de grille; il suffit pour obtenir ce résultat d'employer une tension de plaque suffisamment élevée (200 à 250 volts pour les lampes « supermicro ») et de mettre en circuit sur la grille une batterie auxiliaire donnant un potentiel négatif de quelques volts, qu'on règle suivant la forme de la caractéristique.

Sur la grille de la première lampe, portée à 5 volts, on peut faire agir une force électromotrice de 2 à 3 volts environ prise sur un potentiomètre de plusieurs milliers d'ohms (sans induction) branchée en dérivation sur l'alternateur à étudier; dans le circuit de la plaque alimentant le primaire du transformateur à rapport $\frac{1}{5}$ dont le secondaire agit sur la grille de la lampe suivante, la variation de courant produite atteint alors une amplitude d'environ 1 milliampère : la réactance du transformateur correspondant à 1 henry étant 314 ohms, n'absorbe qu'une force électromotrice d'amplitude 0,314 volt; le secondaire donnera une tension 5 fois plus grande, soit 1,5 volt (d'amplitude) sur la grille de la lampe suivante, celle-ci se trouve à peu près dans les mêmes conditions que la première lampe et peut recevoir dans son circuit secondaire de la même manière un transformateur agissant sur la troisième lampe.

Dans le circuit de plaque de la troisième lampe, à grande puissance, est intercalé l'oscillographe enregistreur dont la résistance est de l'ordre de 5 à 10 ohms, donc négligeable. Pour obtenir la sensibilité suffisante dans cette dernière lampe, il est nécessaire d'intercaler entre elle et les étages à transformateurs qui précèdent un amplificateur courant continu d'une ou deux lampes à amplification rigoureusement proportionnelle (1).

2° *Transfiguration de la courbe par un condensateur.* — L'oscillographe est relié aux bornes d'un réseau de grande capacité par l'intermédiaire

---

(1) J'ai décrit la construction de cet amplificateur, avec la collaboration de M. Touly en 1919, dans les *Comptes rendus*, t. 119, p. 399, et avec plus de détails, dans la *Revue générale d'Électricité*, t. 6, 1919, p. 441; les conditions à remplir pour obtenir la caractéristique bien rectiligne ont été exposées avec détail.

d'une capacité C, et est parcouru par des courants harmoniques

$$I_n = n\omega C U_n \tag{1}$$

en appelant ω la pulsation du courant principal, n le rang de l'harmonique, U_n l'amplitude de tension du réseau correspondant à cet harmonique et I_n l'amplitude du courant harmonique correspondant de rang n. L'oscillographe étant établi de manière à présenter une sensibilité constante pour tous les harmoniques depuis le rang 1 jusqu'au rang maximum qu'on veut étudier (par exemple $n = 31$), la courbe transfigurée donne pour la mesure de chaque harmonique l'amplitude réelle multipliée par n. Pour éviter les erreurs dues à l'hystérésis diélectrique, il faut employer exclusivement des transformateurs en mica; on évite l'effet Dolezalek dans les conducteurs, en faisant ceux-ci très courts et les formant de fils divisés; enfin, il faut remarquer que la présence du condensateur réduit l'amortissement propre de l'oscillographe et que cet amortissement doit être réglé à une valeur différente de celle que l'on obtient pour un oscillographe mis en série avec de simples résistances ohmiques.

D'autre part[1], l'alternateur présente toujours une self-induction notable ainsi que les transformateurs qui le relient à l'appareil (la self-induction considérée peut varier entre 0,60 millihenry et 20 millihenrys). Le circuit dans lequel se trouve l'oscillographe est donc en réalité un circuit oscillant présentant une fréquence propre plus ou moins élevée, qui peut varier par exemple de 1000 à 5000 périodes par seconde ; l'équation (1) donnée ci-dessus est ainsi à remplacer par

$$I_n = \frac{n\omega C U_n}{\sqrt{(CRn\omega)^2 + (1 - n^2\omega^2 CL)^2}} \times \frac{1}{\sqrt{(An\omega)^2 + \left(1 - n^2\omega^2 \frac{K}{D}\right)^2}}, \tag{2}$$

dans laquelle L est la self-induction totale du circuit et R sa résistance, qui comprend les résistances parasites dues à l'hystérésis diélectrique et à l'effet Dolezalek. D représente le couple directeur de l'équipage mobile,

---

[1] On épure bien entendu l'onde de cet alternateur en branchant en dérivation entre ses bornes un circuit bouchon réglé sur l'harmonique fondamental que l'on emploie pour l'étalonnement, de façon à filtrer les autres harmoniques et laisser subsister celui-là seulement.

K son moment d'inertie, A le couple d'amortissement dû aux effets mécaniques, viscosité des fils et de l'huile d'amortissement, courants induits ([1]), etc.

Les deux radicaux ont la même forme et l'on peut par conséquent rendre les variations de sensibilité négligeables pour l'oscillation électrique aussi facilement que pour l'oscillation mécanique en choisissant convenablement les degrés d'amortissement; l'expression des degrés d'amortissement mécanique et électrique est respectivement

$$\frac{A}{2\sqrt{KC}} \quad \text{et} \quad \frac{R}{2\sqrt{\frac{L}{C}}}.$$

Comme je l'ai établi dans la théorie des oscillographes ([2]) le degré d'amortissement doit être pris égal à 1 quand on enregistre des phénomènes discontinus et réduit à une valeur comprise entre 0,50 à 0,60 quand on étudie les phénomènes périodiques, comme c'est le cas ici. Le degré d'amortissement 0,50 donne au premier facteur du radical la valeur $A n \omega = 1$. La seconde parenthèse ayant une valeur très voisine également de 1 pour $n = 1$, on voit que le radical varie entre les deux valeurs sensiblement 1 pour l'harmonique 1 et pour l'harmonique n; pour les valeurs intermédiaires; le radical subit des variations de l'ordre de 15 pour 100 au maximum pour l'harmonique de rang moyen.

En ayant soin de réaliser des fréquences propres électrique et mécanique de l'ordre de 3000 p : s, on peut par ces réglages d'amortissement obtenir que l'erreur croisse depuis 0 jusqu'à 10 pour 100 au maximum pour les harmoniques de rang 1 à 31, et que dans ces limites l'amplitude de chaque harmonique soit multipliée par son rang ([3]).

J'ai obtenu par cette méthode très simple des courbes transformées donnant très facilement les valeurs précises des harmoniques 5 à 15 qu'on rencontre généralement dans les alternateurs industriels; en particulier les harmoniques 5 et 7 assez importants produits par la saturation du fer.

([1]) Ces courants induits, étant presque complètement déwattés, ne produisent ici qu'un amortissement négligeable.

([2]) *Comptes rendus*, t. **116**, 1893, p. 502 et 748, et avec plus de détails l'*Éclairage électrique*, t. **33**, 1902, p. 115.

([3]) On emploiera par exemple sur 1000 volts un condensateur de 0,10 à 0,16 microfarad; ou sous 1000 volts un condensateur de 1 à 1,5 microfarad.

3° *Transfiguration par condensateurs et transformateurs.* — Au lieu de mettre directement en circuit l'oscillographe, on peut l'attaquer par un transformateur dont le primaire est en circuit avec le condensateur (en ayant soin que l'inductance du primaire n'allonge pas trop la période du circuit électrique) et dont le secondaire alimente un amplificateur à courant continu, comme il est dit plus haut, et dont la dernière lampe alimente l'oscillographe.

L'emploi de l'amplificateur est nécessaire dans ce montage pour obtenir la sensibilité suffisante; par cette méthode, on réalise une amplification des harmoniques proportionnelle à n^2 d'une manière plus simple que dans la première méthode. En réalité il y a avantage à combiner les méthodes 2 et 3 au moyen d'un inverseur permettant de passer rapidement de l'un des montages à l'autre; le montage 2 donne alors avec une précision suffisante les rapports des amplitudes des premiers harmoniques (par exemple 3 à 9) et le second montage permet de calculer les rapports des amplitudes des harmoniques supérieurs par rapport à l'un des précédents harmoniques, car dans la courbe transfigurée proportionnellement à n^2, l'amplitude de l'harmonique fondamental n'est plus mesurable.

En résumé, ces méthodes donnent une solution très pratique, surtout la méthode n° 2 qui est la plus facile.

MAGNÉTISME. — *Équation d'état magnétique et variation du moment atomique.* Note de M. **Pierre Weiss.**

On peut établir l'équation d'état magnétique (relation entre l'aimantation spécifique σ, le champ H et la température T) d'une substance ferromagnétique au moyen de l'équation d'état des substances paramagnétiques modifiée par l'addition, au champ extérieur H, d'un champ moléculaire H_m qui représente les actions mutuelles des porteurs de moments.

Comme loi du paramagnétisme j'ai adopté celle que Langevin a établie par la mécanique statistique et, pour le champ moléculaire, j'ai admis l'expression particulièrement simple $H_m = n\sigma$, où n est une constante. L'équation d'état ainsi obtenue rendait compte d'un grand nombre de faits jusqu'alors inexpliqués et, dans l'ensemble, représentait d'une manière assez satisfaisante la relation entre σ, H et T.

Cependant il restait certaines divergences systématiques dont le carac-

tère irréductible est apparu notamment dans l'analyse du réseau extrêmement précis des isothermes du nickel [1] que l'on possède actuellement.

Il y a donc lieu, non de rejeter la théorie, mais de la retoucher. Or elle contient l'hypothèse de l'invariabilité du moment atomique, introduite par la loi du paramagnétisme et se trouve par là en contradiction avec le fait que l'atome de nickel a 3 magnétons au zéro absolu et 8 magnétons entre 750° et 1150° absolus. Je m'attendais, à vrai dire, à ce que le réseau des isothermes se décomposât en plusieurs réseaux partiels, séparés par des régions de changement d'état et tels qu'une équation du type essayé puisse s'appliquer à chacun d'eux.

L'examen attentif des faits n'ayant permis de reconnaître aucune discontinuité indiquant un changement d'état, j'ai été amené à introduire la variabilité du moment atomique parmi les hypothèses fondamentales. Mais d'après ce qu'on sait de la discontinuité des valeurs des moments atomiques, la continuité apparente de la variation ne peut être que statistique. A chaque instant se trouveraient en présence des atomes de nickel à 3 et à 8 magnétons en proportion variable. Le nickel serait, en somme, une sorte d'alliage à titre variable des deux composants de moments différents. On ne peut s'empêcher de remarquer en passant que l'accroissement de moment — 5 magnétons — éprouvé par un atome quand il passe de l'un des états à l'autre est précisément le moment élémentaire donné par la théorie des quanta.

On peut admettre que la théorie fondée sur la mécanique statistique et le champ moléculaire s'applique à n'importe quel alliage fictif, de titre invariable, des deux nickels. On cherchera alors quelle doit être la valeur de ce titre pour que l'aimantation σ, calculée, soit celle que donne l'expérience pour un système de valeurs de H et T. Le contrôle du point de vue nouveau résidera dans la cohérence des titres ainsi déterminés.

Les titres trouvés de cette manière ont été représentés, dans la figure ci-après, en fonction de la température absolue. Les ordonnées représentent ces titres exprimés en pour cent de nickel à 8 magnétons.

Les données utilisées pour le tracé de la courbe sont les suivantes :

1° Du zéro absolu au Point de Curie Θ, situé à 631° absolus, le titre est déduit de la grandeur de l'aimantation spontanée. La tangente T' au zéro absolu s'obtient en s'appuyant sur le fait (exact au moins en première

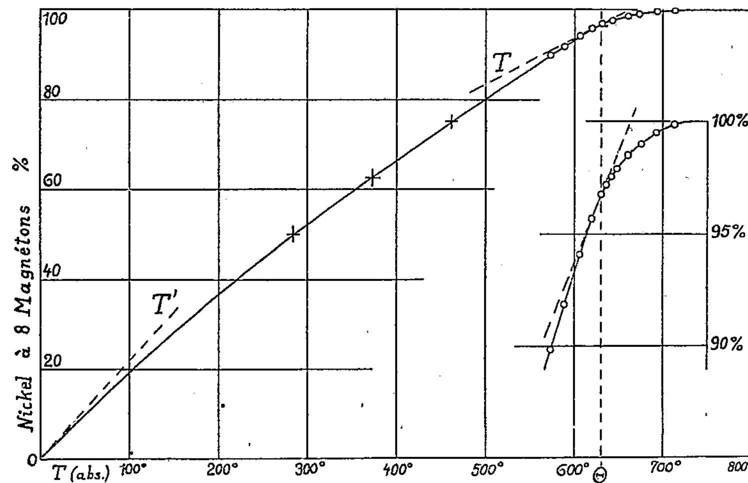
---

[1] Pierre Weiss et R. Forrer, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1046 et 1670.

approximation), qu'à cette température la tangente à la courbe de l'aimantation spontanée en fonction de la température est horizontale.

2° La tangente T au Point de Curie Θ est donnée par la discontinuité de la chaleur spécifique vraie.

3° Le Point de Curie Θ à 631° qui correspond à l'apparition effective de l'aimantation spontanée est différent du Point de Curie, situé à 649°, que donne la variation linéaire de l'inverse du coefficient d'aimantation entre 750° et 1150°. Ce *déplacement du Point de Curie* permet de calculer le titre à 631°; on trouve 96,8 pour 100.



4° Entre 631° et 750° le titre est donné par la variation thermique, jusqu'ici inexpliquée, du coefficient d'aimantation paramagnétique dans cet intervalle de température.

La courbe a une allure régulière dans toute son étendue. En particulier, les deux parties situées de part et d'autre de $\Theta = 631°$ se raccordent et leur tangente commune est celle que donne la discontinuité de la chaleur spécifique. (La figure de droite représente le détail de la région voisine de Θ, les titres étant portés à une échelle quintuple.) Or jusqu'ici aucune théorie n'avait réussi à établir un lien entre les valeurs de l'aimantation mesurées de part et d'autre de Θ. La continuité du titre et de sa dérivée première au point Θ fournit donc une vérification de la théorie nouvelle.

Nous avons représenté la variation du titre en fonction de la température. Or, en même temps que la température varie de O à Θ, l'aimantation spontanée, et avec elle le champ moléculaire, tombent de leur valeur maximum

à zéro. De ce que l'intervalle de variation du titre (0° à 750°) n'est pas très différent de celui (0° à 631°) de la variation de l'aimantation spontanée et qu'à 631° la variation du titre est achevée à 3,2 pour 100 près, on peut conclure que la variation de température n'est peut-être ni la seule ni la plus importante cause du changement de titre. Le champ moléculaire intervient sans doute aussi dans le phénomène intra-atomique par lequel le nickel passe de 3 à 8 magnétons.

Sir **Robert A. Hadfield** adresse en hommage à l'Académie les Conférences qu'il a faites à l'Université d'Oxford, intitulées : *Metallurgy and its Influence on modern Progress*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **L. Lindet** est élu membre de la *Commission supérieure des inventions*, en remplacement de M. *Maurice Leblanc*, décédé.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. *E. Bertin*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 58,

M. Eugène Fichot obtient	. . . .	46 suffrages
M. Charles Doyère	»	7 »
M. G. Perrier	»	3 »
M. Félix Arago	»	1 suffrage
M. Jean Tilho	»	1 »

M. **Eugène Fichot**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Synthèses et catalyses industrielles. Fabrications minérales*, par Paul Pascal. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

2° *Métallurgie de cuivre et alliages de cuivre*, par Altmayer et Léon Guillet. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

3° *Nova Caledonia. Recherches scientifiques en Nouvelle-Calédonie et aux îles Loyalty : A. Zoologie*. Vol. IV, Livre 1. Fritz Sarasin. *Über die Tiergeschichte der Länder des Südwestlichen Pazifischen Ozeans auf Grund von Forschungen in Neu-Caledonien und auf den Loyalty-Inseln*. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° *The Disaster of September* 1st, 1923, *as it affected Tokyo Imperial University and other Places*. (Volume offert à ceux qui ont apporté leur aide à la restauration de la bibliothèque de l'Université impériale de Tokio.)

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la possibilité de la définition générale de la dérivée, de l'intégrale et de la sommation des séries divergentes*. Note (1) de M. **A. Kolmogoroff**, présentée par M. Émile Borel.

I. Tout procédé de dérivation généralisée, valable dans les applications, doit satisfaire aux conditions suivantes :

1° La dérivée généralisée coïncide avec la dérivée ordinaire si cette dernière existe ;

2° Si l'on a $\varphi(x) = af(x)$, la fonction φ est dérivable dans les mêmes points que f et l'on a $\varphi'(x) = af'(x)$;

3° Si l'on a $\varphi(x) = f(ax)$ et la fonction f est dérivable dans le point ax_0, on a $\varphi'(x_0) = af'(ax_0)$;

4° Si l'on a $\varphi(x) = f(x+h)$ et la fonction f est dérivable dans le point $x_0 + h$, on a $\varphi'(x_0) = f'(x_0 + h)$;

5° f_1 et f_2 étant deux fonctions dérivables dans le point x_0, la fonction

(1) Séance du 26 janvier 1925.

$\varphi(x) = f_1(x) + f_2(x)$ est aussi dérivable dans x_0 et

$$\varphi'(x) = f'_1(x) + f'_2(x).$$

Si l'on veut introduire des dérivées infinies, on doit faire les conventions suivantes :

si

$$a > 0, \qquad a.+\infty = +\infty, \qquad a.-\infty = -\infty;$$

si

$$a < 0, \qquad a.+\infty = -\infty, \qquad a.-\infty = +\infty$$
$$+\infty + a = +\infty, \qquad -\infty + a = -\infty.$$

Dans les conditions précédentes, si

$$F(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos 3^n x}{3^n}$$

a une dérivée, finie ou infinie, sur un ensemble de mesure positive, cette dérivée est une fonction non mesurable.

II. Si l'on a un procédé de sommation des séries divergentes qui vérifie les conditions

$$(1) \qquad \sum_{n=1}^{\infty} v_n = v_1 + \sum_{n=1}^{\infty} v_{n+1},$$

$$(2) \qquad \sum_{n=1}^{\infty} a v_n = a \sum_{n=1}^{\infty} v_n,$$

et si l'on pouvait définir une somme, finie ou infinie, déterminée pour chaque série de la forme

$$\sum_{n=1}^{\infty} \sin 3^n x,$$

on pourrait donner un exemple effectif d'une fonction non mesurable ξ.

III. Pour toutes les définitions de l'intégrale, on a :

$$(1) \qquad \int_a^b f(x)\,dx + \int_b^c f(x)\,dx = \int_a^c f(x)\,dx,$$

$$(2) \qquad \int_a^b k f(x)\,dx = k \int_a^b f(x)\,dx,$$

$$(3) \qquad \int_{ka}^{kb} f(kx)\,dx = k \int_a^b f(x)\,dx.$$

Dans ces conditions, si l'on parvenait à définir des intégrales

$$\int_0^1 f_t(x)\,dx,$$

finies ou infinies, pour tous les points t d'un ensemble de mesure positive, les fonctions f_t étant définies plus loin, on pourrait donner un exemple d'une fonction non mesurable $\mathfrak{L}$:

$$f_t = 2^n \sin 3^n x \quad \text{quand} \quad \frac{1}{2^{n-1}} \geqq x > \frac{1}{2^n}.$$

Les démonstrations sont assez longues, mais presque évidentes.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la détermination expérimentale du paramètre de précision.* Note de M. **J. Haag**, présentée par M. Émile Borel.

Je demande la permission de revenir sur ma Note du 5 janvier (1), pour signaler que le résultat du paragraphe 2 n'est pas nouveau, comme je l'avais cru tout d'abord. M. Paul Lévy m'apprend en effet qu'il figure, depuis plusieurs années, dans son cours de l'École Polytechnique, avec une démonstration d'ailleurs plus élémentaire et plus rapide que la mienne, car elle consiste à observer tout simplement que l'erreur apparente x'_i est une combinaison linéaire des erreurs x_i et obéit, par conséquent, à la loi de Gauss, ce qui permet d'obtenir immédiatement la valeur probable de n'importe quelle puissance de sa valeur absolue.

La même méthode peut être utilisée pour calculer la valeur probable de $(e_1 e_2)^p$, dans le cas où p est pair (2), car on peut remplacer les écarts e_i par les erreurs algébriques x'_i. Mais ceci n'est plus permis lorsque p est impair et le calcul direct de mon paragraphe 3 paraît alors inévitable.

MÉCANIQUE. — *Sur l'action euclidienne à distance.* Note (3) de M. **J. Sudria**, présentée par M. G. Kœnigs.

Nous avons indiqué, dans une précédente Note (4), comment il convenait de rectifier le raisonnement par lequel, dans la théorie de l'action eucli-

(1) *Comptes rendus*, t. 180, 1925, p. 41.

(2) On peut aussi développer l'expression algébrique $(e_1 e_2)^p$ en fonction de x_i et il n'est alors plus nécessaire d'admettre la loi de Gauss.

(3) Séance du 26 janvier 1925.

(4) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1790.

dienne de déformation, on arrive à l'expression de cette action pour la ligne, la surface ou le corps déformables. Une étude analogue, faite à propos de l'action euclidienne à distance, nous a conduit non seulement à la révision du raisonnement, mais aussi à des conclusions différentes de celles jusqu'ici admises. Rappelons le problème :

« Soit un système discret de n trièdres dans lequel chaque trièdre est caractérisé par l'indice i ($i=1, 2, \ldots, n$). Soit $M_i x'_i y'_i z'_i$ le trièdre d'indice i, dont le sommet M_i aura pour coordonnées x_i, y_i, z_i et les axes $M_i x'_i$, $M_i y'_i$, $M_i z'_i$ pour cosinus directeurs α_i, α'_i, ..., γ''_i par rapport à trois axes fixes Ox, Oy, Oz. Nous supposerons que les quantités x_i, y_i, z_i, α_i, α'_i, ..., γ''_i sont des fonctions de t.

» Envisageons une fonction W de deux positions infiniment voisines du système de trièdres $M_i x'_i y'_i z'_i$, c'est-à-dire une fonction de t, de x_i, y_i, z_i, α_i, α'_i, ..., γ''_i et de leurs dérivées premières par rapport à t. Proposons-nous de déterminer quelle doit être la forme de W pour que cette fonction reste invariante dans toute transformation infinitésimale du groupe des déplacements euclidiens (¹). »

La répétition du raisonnement au sujet duquel nous avons fait les observations précédentes a conduit les auteurs de la Théorie à exprimer la fonction W au moyen des arguments suivants :

$$\xi_i, \quad \eta_i, \quad \zeta_i, \qquad p_i, \quad q_i \quad r_i$$

et

$$r_{ij}^2 = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2,$$

$$\psi_{ij} = \frac{dx_i}{dt}\frac{dx_j}{dt} + \frac{dy_i}{dt}\frac{dy_j}{dt} + \frac{dz_i}{dt}\frac{dz_j}{dt},$$

$$\lambda_{ijk} = (x_i - x_j)\frac{dx_k}{dt} + (y_i - y_j)\frac{dy_k}{dt} + (z_i - z_j)\frac{dz_k}{dt},$$

ξ_i, η_i, ζ_i et p_i, q_i, r_i étant les composantes suivant les axes du trièdre mobile, de la vitesse du point M_i et de la vitesse de rotation instantanée du trièdre de sommet M_i.

Par contre, en opérant comme dans notre précédente Note, nous avons obtenu le résultat très différent suivant :

En posant

$$X_i = x_i - x_n, \qquad Y_i = y_i - y_n, \qquad Z_i = z_i - z_n,$$

l'expression de W, obtenue par intégration d'une équation aux dérivées

(¹) E. et F. Cosserat, *Théorie des corps déformables*.

partielles, est

$$\begin{aligned}W(X_i^2 + Y_i^2 + Z_i^2,\ &\alpha_n X_i + \alpha'_n Y_i + \alpha''_n Z_i,\ \beta_n X_i + \beta'_n Y_i + \beta''_n Z_i,\ \gamma_n X_i + \gamma'_n Y_i + \gamma''_n Z_i \\ &- \alpha_n \alpha_i + \alpha'_n \alpha'_i + \alpha''_n \alpha''_i,\ \beta_n \beta_i + \beta'_n \beta'_i + \beta''_n \beta''_i, \\ &\qquad \gamma_n \gamma_i + \gamma'_n \gamma'_i + \gamma''_n \gamma''_i;\ \xi_i, \eta_i, \zeta_i, p_i, q_i, r_i).\end{aligned}$$

Dans cette expression, trois arguments non distincts des autres ne sont introduits que pour la symétrie. On peut encore exprimer W ainsi

$$W(\mathbf{m}_i, \mathbf{m}_i \times \mathbf{i}_i, \mathbf{m}_i \times \mathbf{j}_i, \mathbf{m}_i \times \mathbf{k}_i, \mathbf{i}_n \times \mathbf{i}_i, \mathbf{j}_n \times \mathbf{j}_i, \mathbf{k}_n \times \mathbf{k}_i),$$

$\mathbf{m}_i$ désignant le vecteur qui va du point M_n au point M_i, $\mathbf{i}_i$, $\mathbf{j}_i$ et $\mathbf{k}_i$ étant trois vecteurs unités portés par les axes du trièdre mobile, enfin $\mathbf{v}_i$, $\boldsymbol{\omega}_i$ étant les vecteurs vitesse du point M_i et rotation instantanée du trièdre de sommet M_i rapportés à ce trièdre.

On vérifie facilement que les arguments figurant dans la forme donnée par MM. Cosserat se retrouvent dans notre résultat. La réciproque n'est pas vraie. La forme jusqu'ici admise pourra donc ne pas convenir à certaines lois de forces à distance. Notamment, si les points M_i sont au repos, les arguments subsistant dans la forme donnée par MM. Cosserat ne dépendent plus de l'orientation des molécules matérielles situées en ces points. Dans notre forme, cette orientation subsiste. Or il est facile de citer des phénomènes où cette orientation intervient; tels sont ceux qui ont conduit à la notion de doublet électrique ou magnétique et que l'on étudie sous le nom de polarisation des masses diélectriques ou magnétiques.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le mouvement d'un point matériel soumis à l'attraction d'un sphéroïde aplati.* Note de M. **P. Fatou**, présentée par M. E. Goursat.

Nous supposerons que l'ellipsoïde principal d'inertie est de révolution et que le potentiel en un point extérieur et suffisamment éloigné du corps attirant est de la forme

$$(1)\qquad U = \frac{\mu}{R} + \frac{K}{R^3}\left(\frac{1}{3} - \sin^2\varphi\right),$$

R, φ, θ désignant les coordonnées polaires du point considéré (¹). En

(¹) Pour la justification de cette formule et la signification de K, voir par exemple Tisserand. *Traité de Mécanique céleste*, t. 2, p. 310.

combinant l'intégrale des forces vives avec l'intégrale des aires dans le mouvement projeté sur le plan de l'équateur, on obtient de suite la relation

$$2(\mathrm{U}+h)-\frac{\mathrm{C}^2}{r^2}>0, \tag{2}$$

r désignant la projection du rayon vecteur sur le plan de l'équateur, h la constante des forces vives égale à $\frac{v^2}{2}-\mathrm{U}$. Si le champ de variation des conditions initiales est convenablement choisi, l'équation du troisième degré en R que l'on obtient en égalant à zéro le premier membre de (2) où l'on fait $\varphi=0$, $r=\mathrm{R}$, a ses trois racines réelles et positives, et la valeur initiale R_0 est comprise dans l'intervalle des deux plus grandes racines. Cela se voit aisément en raisonnant par continuité à partir du mouvement képlérien osculateur ($\mathrm{K}=0$), et l'on vérifie d'ailleurs que ces conditions sont vérifiées si l'on a par exemple :

$$h<0,$$
$$\mathrm{C}^4>18\mu\mathrm{K},$$
$$\mathrm{R}_0>\frac{6\mathrm{K}}{\mathrm{C}^2\left(1+\sqrt{\frac{2}{3}}\right)}.$$

S'il en est ainsi, l'inégalité (2) montre que la trajectoire est tout entière située à l'intérieur d'une surface annulaire de révolution n'ayant aucun point commun avec l'axe Oz : *il y a stabilité au sens de Laplace*, et l'on obtient à cet égard un résultat bien plus complet que celui qui résulte de l'intégrale de Jacobi dans le problème restreint des trois corps.

En outre, l'équation du mouvement projeté sur l'axe de révolution étant de la forme

$$\frac{d^2z}{dt^2}+\mathrm{H}z=0,$$

on vérifie que H, fonction inconnue de t, reste comprise entre deux quantités positives α^2 et β^2 faciles à évaluer et l'on en déduit que le temps qui s'écoule entre deux passages consécutifs du mobile dans le plan de l'équateur est compris entre $\frac{\pi}{\alpha}$ et $\frac{\pi}{\beta}$, z^2 ayant un seul maximum dans chacun de ces intervalles.

Remarquons que, même en conservant l'hypothèse $h<0$, ces considérations ne s'appliquent pas à certaines trajectoires, notamment celles qui

sont situées dans un plan méridien, pour lesquelles on sait seulement (Poincaré) qu'il y a *stabilité à la Poisson* pour *presque toutes* les conditions initiales.

NAVIGATION AÉRIENNE. — *Mesure du vent en avion et correction de ses effets sur la route suivie.* Note [1] de MM. **A. Barbaud** et **R. Le Petit**, présentée par M. Émile Borel.

En vue du tracé rapide des droites de hauteur, nous avons exposé, dans une Note antérieure [2], une technique de calcul appropriée aux besoins de la navigation aérienne. Mais on ne tire un parti avantageux d'une droite de hauteur que si elle est obtenue avec des données prises dans les limites de la précision requise pour l'estime; il y a donc lieu d'évaluer les causes qui concourent à un désaccord très grand entre le point vrai et le point estimé et parmi lesquelles l'action du vent est prépondérante. Surtout pour l'aviateur survolant de larges espaces de mer, on conçoit la nécessité de déterminer l'influence des courants aériens qui l'entraînent.

Nous nous proposons de mesurer la direction et la vitesse du vent en prenant celles de l'avion pour base et de corriger la route de la dérive à l'aide d'un instrument fondé sur les principes suivants :

Un avion en vol, soumis à un vent de vitesse v et de direction a pendant t heures, se trouve dérivé de vt milles dans la direction a avec l'air environnant *sans que les caps de la route que l'on veut suivre et de l'avion ne cessent de se confondre*. Une représentation géométrique montre que la résultante des vitesses de l'avion et du vent coupe la route prise pour origine sous un angle de dérive variable avec la direction et l'intensité du vent. Lorsque les directions du vent et de la route coïncident, l'angle de dérive est nul; il est maximum si l'intersection de ces directions se fait à angle droit : dans l'un ou l'autre cas, la résultante se traduit par un accroissement positif ou négatif. La seule connaissance de l'angle de dérive est insuffisante pour corriger une route du monde de l'influence du vent; il est essentiel d'avoir aussi la direction et l'intensité de ce dernier, éléments qui permettront, en outre, d'évaluer la vitesse utile sur la route que l'on se propose de suivre.

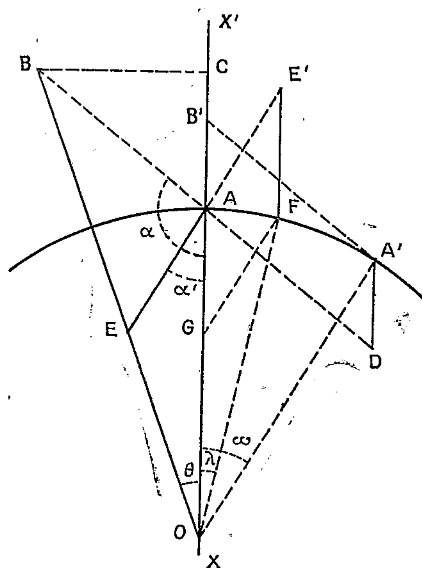
Soient pour la route XX′, OA la longueur du parcours horaire de l'avion

---

[1] Séance du 19 janvier 1925.

[2] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1959.

et, à la même échelle, AB l'intensité du vent de direction définie par l'angle α. Au bout d'une heure, la résultante des vitesses de l'avion et du vent sera OB, le parcours utile OC et BC mesurera l'écart de route correspondant à l'angle de dérive θ. Pour suivre la route XX′, le pilote sera contraint de tenir un cap OA′, *différent de* XX′, tel que A′B′, soit parallèle et égal à AB; l'angle dont il faudra corriger le cap d'origine, aura pour mesure l'arc AA′, de rayon OA, et le chemin utilement parcouru sera



alors OB′. Remarquons qu'en corrigeant la route de ω, l'action latérale du vent s'étant accrue, on a $\theta < \omega$ et il est clair que ω est déterminé par le point A′ qui s'obtient en menant du point D, symétrique à l'opposé de B, une parallèle à XX′. En raisonnant de même pour les vents de direction autre que α mais de vitesses aboutissant à la droite OB ou à son prolongement, on obtiendra les caps à tenir et les parcours utiles qui leur correspondent : ainsi, pour que la route réelle de l'avion coïncide avec XX′, le vent de direction α' et d'intensité AE nécessitera le cap OF auquel correspondra OG comme parcours utile; dans ce cas, on aura $\theta > \lambda$, l'axe longitudinal de l'avion s'étant rapproché du lit du vent. Et comme θ est constant pour les vents de direction quelconque pourvu que les limites d'intensité soient le point A et la droite OB, il s'ensuit que OB est le lieu géométrique de tous les vents affectant XX′ du même angle de dérive. Cette propriété s'étend évidemment au faisceau du secteur BOX′ dont chaque droite inter-

ceptera les vecteurs issus de A en des points qui permettront d'obtenir, à l'aide d'une simple construction géométrique, les éléments de correction nécessités par la direction autant que par la vitesse du vent.

Au-dessus des continents, la mesure de θ n'offre pas de difficulté ; il suffit de relever au taximètre un point survolé un peu auparavant; en haute mer, il est nécessaire d'improviser le repère par un procédé quelconque dont le plus usité est la bouée de fumée. En ce qui concerne la direction du vent, elle se déduit avec une grande approximation en annulant l'angle de dérive, ce qui s'obtient en manœuvrant de manière à placer l'avion dans le lit du vent (¹); dans le cas de la figure, on a, par exemple, pour valeur de α', la différence des caps XX' et EA. A ces fins, nous avons construit sur un fond blanc un faisceau de droites réparties de part et d'autre de XX' et coupant l'arc divisé de rayon OA pris pour unité de vitesse et gradué en centièmes. En superposant à ce dispositif deux rapporteurs transparents assujettis à glisser le long de la droite XX', on obtient, avec une réglette parallèle à cette dernière et qu'on déplace transversalement, toutes les constructions ci-dessus. Enfin la réglette comporte un curseur permettant les conversions nécessitées par les différentes unités de vitesse ; nous avons ainsi réalisé un appareil qui nous a permis, en cours de vol, de déterminer, en quelques secondes, les éléments de la dérive.

ÉLECTRICITÉ. — *Appareil enregistreur pour le contrôle de l'isolement des fils émaillés.* Note (²) de M. **J. Cathala**, présentée par M. Brillouin.

L'emploi des fils électriques isolés par un simple revêtement d'émail ou vernis isolant s'est beaucoup développé pendant ces dernières années, par suite des avantages nombreux que présente ce mode d'isolement. Malheureusement, le fil obtenu par ce procédé présente toujours un certain nombre de défauts microscopiques où l'isolement est nul.

On a recours pour déceler de pareilles imperfections à l'essai dit « au bain de mercure ». Le fil, dont l'âme est reliée à un des pôles d'une source de courant convenable, traverse un bain de mercure relié à l'autre pôle par un circuit comportant un indicateur de courant. La longueur du bain, la

(¹) Tous les pilotes reconnaissent aisément que l'avion se place dans le lit du vent, à la façon particulière dont il se comporte.

(²) Séance du 26 janvier 1925.

vitesse de passage, le voltage d'essai, le nombre de défauts admissibles sont spécifiés dans les divers cahiers des charges.

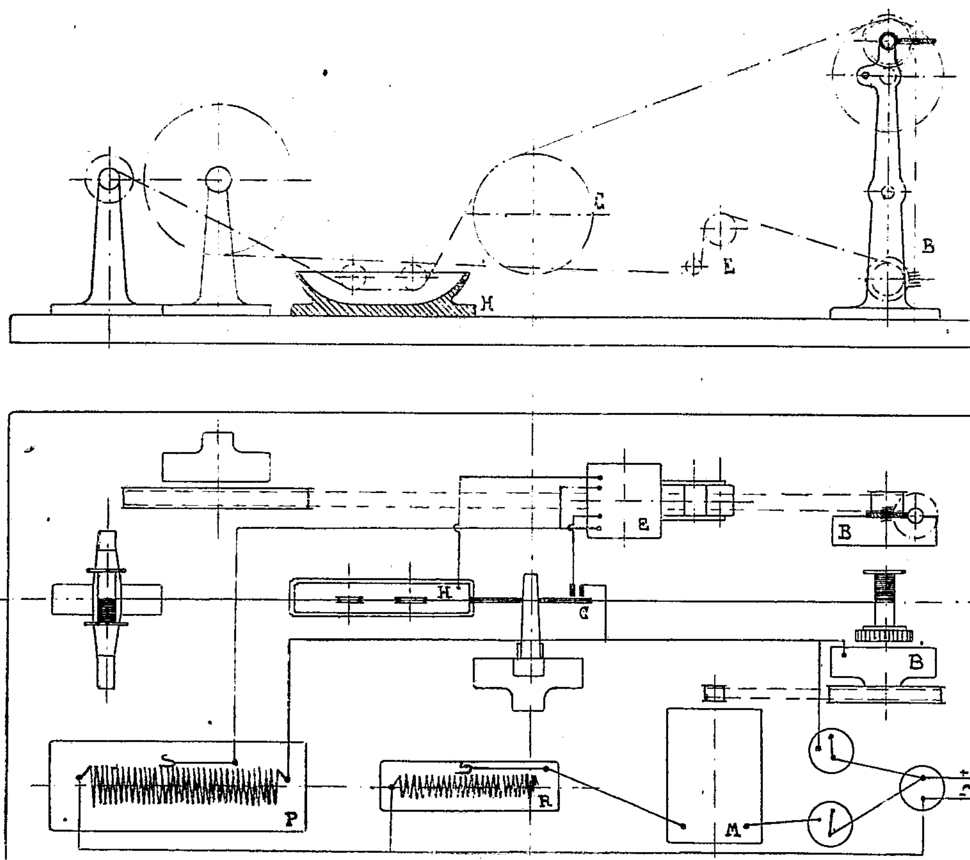


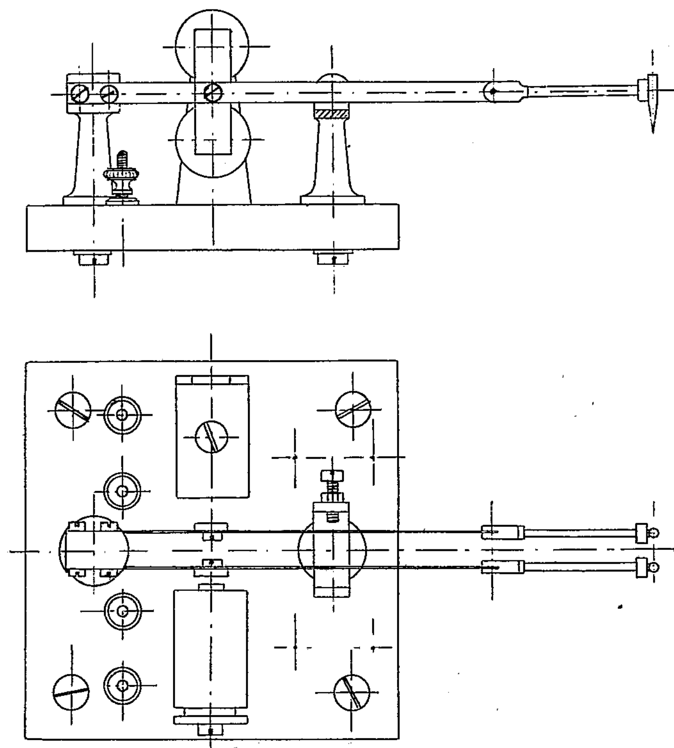
Fig. 1.

Généralement on emploie comme indicateurs simultanés de courant une lampe et un compteur totaliseur. En fait, ce genre d'indicateur ne renseigne que d'une façon illusoire sur le principal de l'essai : la position réciproque des défauts le long du fil. L'intervalle entre les éclats successifs de la lampe ne donne qu'une impression très imparfaite de la distance entre deux défauts, par suite de la rapidité de l'essai (20 m/sec environ). Enfin lorsque plusieurs défauts se trouvent dans le bain en même temps, le compteur ne fonctionne qu'une fois et seules les variations de durée des éclats peuvent en donner une indication forcément très imparfaite.

Nous avons préféré recourir à une méthode graphique d'enregistrement.

des défauts en fonction de la longueur du fil essayé. On peut ainsi localiser chaque défaut et, sur le graphique d'essai obtenu, il est facile de faire à loisir toutes les constatations nécessaires.

L'appareil (*fig.* 1), comporte un dispositif mécanique B entraîné par le moteur M ($\frac{1}{10}$ CV) à vitesse réglable par le rhéostat R. Ce dispositif B


Fig. 2 et 3.

entraîne à la fois le fil à essayer et la bande de papier enregistreur avec des vitesses relatives telles que 10^{m} de fil correspondent à 25^{mm} environ sur le graphique. Le fil à essayer passe dans le bain de mercure H, fait un tour complet autour de la roue C qu'il entraîne sans glissement et se rend au bobinoir B. Une mise à la masse sur celui-ci relie l'âme du fil à l'un des pôles du circuit d'essai. Le bain de mercure H est relié à l'autre pôle à travers un des électro-aimants de l'enregistreur E. La roue C, dont la circonférence mesure exactement 50^{cm}, déclenche tous les 20 tours un contact fermant le circuit de l'autre électro-aimant de l'enregistreur E : la longueur essayée est ainsi repérée tous

les 10^m. Les figures 2 et 3 font nettement comprendre l'ensemble des connexions et le mode de construction de l'appareil enregistreur.

Sur le graphique obtenu (*fig.* 4), il est très facile non seulement de

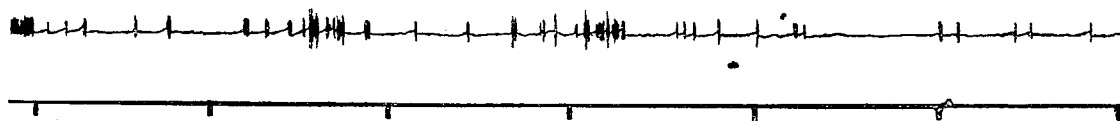


Fig. 4.

compter les défauts, mais de voir comment ils sont répartis : des conclusions très utiles peuvent en être tirées pour l'utilisation et la fabrication du fil émaillé.

Enfin on peut se rendre compte de la fidélité de ce mode d'essai en faisant passer le même fil deux fois dans l'appareil : les diagrammes sont rigoureusement superposables.

Nota. — En utilisant plusieurs bains de mercure successifs avec leurs électros, on peut obtenir une image très exacte des qualités mécaniques de l'émail isolant, en intercalant entre chaque bain un dispositif de fatigue mécanique convenablement choisi.

Ainsi modifié, l'essai constitue une méthode très sûre d'étude et de contrôle pour la fabrication du fil émaillé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'influence de la trempe sur les propriétés mécaniques des aciers après revenu.* Note de MM. **Léon Guillet** et **Albert Portevin**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'étude de la pénétration de la trempe dans les aciers avait conduit l'un de nous à énoncer la règle suivante : « à égalité de dureté finale après revenu, la résilience est meilleure pour les états complètement trempés (1) », c'est-à-dire pour l'état martensitique pur.

Un exemple relatif aux aciers chrome-nickel a déjà été donné (2), mais voici d'autres résultats concernant les aciers au carbone :

(1) A. Portevin, *Les phénomènes et lois expérimentales de la trempe des aciers* (*Chimie et Industrie*, t. 2, 1919, p. 1160); *La trempe de l'acier et des alliages métalliques* (*Congrès scientifique de Liége*, juin 1922, p. 298).

(2) L. Guillet, *La trempe et le revenu des produits métallurgiques* (*Rev. gén. Sci.*, t. 31, 1920, p. 620).

	Résilience ρ en kg/cm².	
	Diamètre à l'état trempé 12mm.	Diamètre à l'état trempé 32mm.
Acier à 67kg (C = 0,3; Mn = 0,1) :		
Trempé à 750° et revenu pour $\Delta = 257$....	15,5	8
Trempé à 900° et revenu pour $\Delta = 267$....	14	11
Acier à 55kg (C = 0,2; Mn = 0,7) :		
Trempé à 900° et revenu pour $\Delta = 230$....	9	7,5

Dans ces expériences, les variations de la loi de refroidissement sont obtenues en modifiant le diamètre des barres trempées et en maintenant constant le milieu de trempe (trempe à l'eau). Il était donc intéressant de généraliser ces résultats et pour cela de faire varier la loi de refroidissement, et par suite d'énergie de la trempe, en modifiant uniquement le milieu de trempe à égalité de section des barreaux et en ayant recours aux bains de trempe habituels : eau, huile et air.

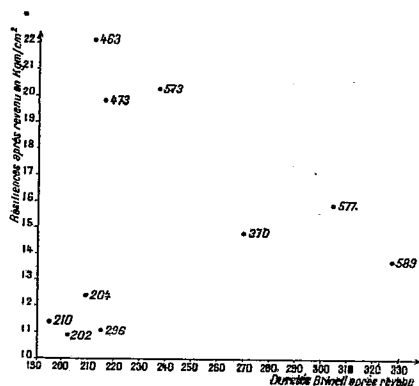


Fig. 1. — Acier au carbone à 58kg.

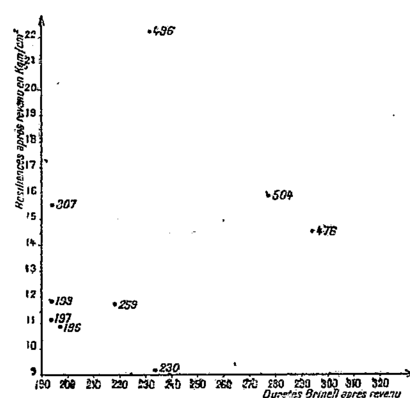


Fig. 2. — Acier au carbone à 53-54kg.

Dans ce but, nous avons soumis une série d'aciers représentant les plus importants des types industriels d'aciers de construction mécanique (aciers demi-durs, nuances 53 à 65 kg/mm²; aciers nickel-chrome pour cémentation, demi-durs, et auto-trempants, acier inoxydable) à des trempes à l'eau, à l'huile, à l'air et dans l'eau salée saturée bouillante; trempes suivies de revenus dans des bains salins aux trois températures : 500°, 575°, 650°.

Pour chaque traitement nous avons noté :

1° La dureté Brinell Δ et la microstructure après trempe;

2° La dureté Brinell, la résilience ρ et la microstructure après revenu.

Les traitements ont toujours été effectués sur éprouvettes usinées, c'est-à-dire sur échantillons de mêmes dimensions.

I. Pour les aciers nickel-chrome et inoxydables, les variations de dureté après trempe sont de faible amplitude, l'aspect micrographique après trempe est toujours martensitique, de sorte qu'il n'est guère possible de faire de distinctions tranchées entre les divers états trempés. De plus, la comparaison doit être faite à égalité, soit de dureté, soit de résilience après trempe.

II. Pour l'acier demi-dur à 2,8 pour 100 nickel, nuance 65-68 kg/mm², on peut déjà noter les résultats suivants, quoique les variations de dureté après trempe soient encore de faible amplitude :

1° Pour Δ après revenu $= 307 - 304$:

$\rho = 12,2$ kg/cm² pour Δ après trempe $= 499$;
$\rho = 9,7$ » » » $= 425$.

2° Pour une même résilience finale après revenu

$\rho = 9,7 - 9,8$ kg/cm² :
$\Delta = 334$ pour Δ après trempe $= 494$;
$\Delta = 311$ » » $= 466$;
$\Delta = 307$ » » $= 435$.

L'aspect micrographique après trempe est martensitique; pour les échantillons trempés dans l'eau salée, on discerne en outre quelques traces de troostite.

III. Pour les aciers au carbone, nuances 58 kg/mm² et 53-54 kg/mm², l'aspect micrographique après trempe n'est plus le même pour tous les échantillons : ceux trempés à l'eau présentent l'aspect martensitique dans toute la section; dans ceux trempés à l'huile on discerne de la troostite et des traces de ferrite; dans ceux trempés à l'eau salée bouillante, on constate de la ferrite en réseau accompagnée de troostite.

Aussi les duretés après trempe varient dans de larges proportions, dans le rapport de 2 à 5, et les conclusions deviennent très nettes. Il suffit de se reporter aux diagrammes donnés figures 1 et 2 dans lesquels on a porté, en abscisses, les duretés après revenu et, en ordonnées, les résiliences après revenu et sur lesquels on a marqué, pour chaque point figuratif, la dureté après trempe, pour constater que l'association la meilleure de la dureté et de la résilience est obtenue pour les hautes duretés après trempe, alors que de faibles duretés associées à de faibles résiliences sont groupées pour les

basses duretés après trempe, c'est-à-dire pour les états les moins énergiquement trempés comportant de la ferrite et de la troostite.

En résumé, à chaque fois que la nature du métal permet de produire par trempe des constitutions différentes, les résultats des essais mécaniques obéissent à la règle suivante : à égalité de dureté finale après revenu, la résilience est meilleure pour les états complètement trempés, c'est-à-dire formés de martensite pure et, inversement, à égalité de résilience après revenu, la dureté finale est d'autant plus élevée que la dureté de trempe est plus forte.

Ainsi se trouve délimité le choix des états trempés pour un acier donné, lorsqu'on peut réaliser la meilleure association de la dureté et de la résilience finale, ce qui est le but des traitements thermiques pour les aciers de construction.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur quelques sels de cupferron.* Note de M. **V. Auger** et M[lles] **L. Lafontaine** et **Ch. Caspar**, présentée par M. G. Urbain.

Le cupferron s'est montré un réactif très intéressant en analyse quantitative par sa propriété de précipiter bon nombre de métaux en solution acide, ce qui permet d'effectuer certaines séparations qui étaient difficiles par d'autres procédés. Toutefois l'étude systématique des sels de cupferron n'a pas été entreprise jusqu'ici et l'on s'est contenté la plupart du temps de constater la formation des précipités sans indiquer leurs propriétés. Nous désirons combler en partie cette lacune en donnant la description de sels qui n'ont pas été étudiés, et dont plusieurs peuvent intéresser les analystes. Nous nous contenterons de donner ici les formules des sels obtenus et quelques renseignements sur leurs habitus et leur solubilité; pour abréger nous noterons $C = [C^6H^5.N(NO)O]^-$.

Groupe des métaux précipités par SH^2 en solution acide :

Sel d'argent C. Ag : Précipité formé de cristaux rhombes microscopiques, obtenu seulement en solution neutre. Solubilité presque nulle dans tous les solvants neutres. Il se décompose, avant de fondre, vers 130°.

Sel de plomb C^2Pb : Précipité en solution neutre ou faiblement acide; petites aiguilles blanches F. à 147° soluble à 2 pour 100 dans l'alcool.

Sel mercureux C^2Hg^2 : Obtenu en solution acide; petites lamelles insolubles dans tous les solvants neutres, sauf dans l'alcool bouillant. Décomposé vers 215°.

Sel mercurique C^2Hg : Précipite en solution faiblement acide. Il se dissout dans l'alcool, le benzène, le chloroforme, et cristallise en aiguilles blanches. Il se décompose vers 160°.

Sel de bismuth C^3Bi : Obtenu en solution acide; il cristallise en aiguilles aplaties, de sa solution dans le toluène, ou mieux la méthyléthylacétone. Il fond en se décomposant vers 170°.

Sel de cadmium C^2Cd : Précipite en solution neutre ou acétique. Se dissout dans l'alcool ou l'éther à l'ébullition, et cristallise en aiguilles blanches. Il fond en se décomposant vers 245°.

Sel stanneux C^2Sn : Aiguilles blanches F. 138°, solubles dans le benzène et le chloroforme.

Sel stannique C^4Sn : Aiguilles blanches F. vers 180° en se décomposant; très solubles dans le chloroforme.

Sel antimonieux C^3Sb : Ne précipite bien qu'en solution presque neutre, avec un grand excès de cupferron; il forme des aiguilles blanches (alcool) ou de larges tablettes (chloroforme). Ce sel est très soluble dans les solvants neutres, sauf l'alcool; il se décompose vers 112°. On n'a pas pu obtenir de sel antimonique du cupferron.

Sels ou complexes molybdiques. — En précipitant une solution chlorhydrique de MoO^3 par le cupferron on obtient un mélange de deux composés; le premier $C.MoO^3$, soluble dans l'alcool, insoluble dans le benzène, cristallise en petites aiguilles qui se décomposent vers 165°. Le second $C^2.MoO^3$ est obtenu en prismes aplatis très solubles dans le benzène ou le chloroforme. Il fond en se décomposant vers 139°.

GROUPE DU SULFURE D'AMMONIUM :

Sel céreux C^3Ce : Précipité amorphe jaunâtre, obtenu en solution neutre; insoluble dans les solvants organiques. Il rougit à l'air lorsqu'on le laisse en contact avec sa solution et fournit le sel cérique.

Sel cérique C^4Ce : Précipité amorphe, couleur rouille, qu'on obtient avec les sels céreux en solution acide; il se dissout facilement dans les solvants neutres, mais par évaporation du solvant, il reste à l'état amorphe.

Sel de chrome C^3Cr : Précipité vert, brunissant à l'air, obtenu en solution neutre; on ne l'a pas obtenu cristallisé.

Sel d'indium C^3In : Précipité formé d'aiguilles blanches, obtenu en solution acide. Il est très soluble dans l'alcool, le benzène, le chloroforme. Il fond à 90°.

Sel cobaltique C^3Co : Cristaux prismatiques verts, fusibles vers 116° en se décomposant. Ce sel se dépose par oxydation spontanée d'une solution cobalteuse, additionnée de cupferron et acidulée d'acide acétique ou chlorhydrique.

Sel cobalteux C^2Co : Aiguilles roses, solubles dans l'alcool, fusibles vers 162° en se décomposant. On ne l'obtient qu'en solution neutre.

Sel de nickel C^2Ni : Aiguilles vertes (alcool) décomposées vers 200°. Ne précipite qu'en solution neutre.

Sel de zinc C^2Zn : Précipité en solution neutre. Aiguilles (alcool) fusibles à 138°.

GROUPE DES ALCALINO-TERREUX :

Sel de baryum $C^2Ba.3H^2O$: Aiguilles blanches, précipitées en solution neutre. Ce sel est à peu près insoluble à froid dans tous les solvants neutres; il se décompose vers 245°.

Sel de strontium $C^2Sr.2H^2O$: Aiguilles blanches, décomposées vers 290°.
Sel de calcium $C^2Ca.2H^2O$: Aiguilles blanches, décomposées vers 275°.
Ces trois sels sont un peu solubles dans l'eau bouillante.

MINÉRALOGIE. — *Sur la modification du faciès des cristaux par suite de leur syncristallisation avec une matière étrangère dissoute dans l'eau mère.* Note de M. P. GAUBERT.

Par de nombreuses observations, faites surtout à l'aide de matières colorantes, j'ai montré que le faciès des cristaux pouvait être modifié par le passage régulier dans ces derniers de matières étrangères dissoutes dans l'eau mère. Le cristal complexe est constitué de deux manières différentes : il s'agit d'un groupement régulier de cristaux de deux substances, ou bien l'un des corps seul est à l'état cristallin, l'autre se trouvant dans le cristal comme s'il imbibait le réseau (solution solide) [1].

Pour expliquer les modifications du cristal ainsi produites, plusieurs hypothèses peuvent être faites : je veux dans cette Note attirer seulement l'attention sur les suivantes.

1° En s'appuyant sur les expériences anciennes de L. Pasteur [2] qui recouvrait, avec une feuille de papier métallique, certaines faces des cristaux de bimalate d'ammonium, dans le but de modifier la vitesse de cristallisation correspondant aux diverses formes, on pourrait supposer que la matière étrangère, en se déposant régulièrement sur quelques faces seulement, agit comme une couche de vernis, plus ou moins continue, diminuant la vitesse d'accroissement perpendiculairement à ces faces et, il en est quelquefois ainsi. Cette hypothèse pourrait expliquer les modifications du cristal absorbant la matière étrangère par les deux procédés, mais elle est en contradiction avec le fait que, souvent, c'est perpendiculairement aux faces colorées que la vitesse de cristallisation atteint son maximum.

2° Ce dernier fait suggère l'hypothèse de l'action des courants de concentration ou de convection, qui, surtout d'après les expériences de G. Wulff [3] et les miennes, se font sentir par l'allongement ou l'aplatissement des cristaux suivant certaines directions cristallographiques et qui permettent de montrer que l'accroissement du cristal est rythmique [4]. La matière étran-

(1) P. GAUBERT, *Bull. de la Soc. fr. de Min.*, t. 38, 1915, p. 149.
(2) L. PASTEUR, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. 49, 1857, p. 5.
(3) G. WULFF, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. 34, 1901, p. 449.
(4) P. GAUBERT, *Bull. de la Soc. fr. de Min.*, t. 25, 1902, p. 230.

gère dissoute, attirée de préférence par certaines faces n'existant pas dans l'eau mère pure, modifierait la direction des courants habituels, et par conséquent la vitesse d'accroissement relative aux diverses formes, ce qui influencerait le développement de ces dernières. Cette action existe certainement, mais elle me paraît être trop faible pour modifier le faciès d'un cristal contenant à peine $\frac{1}{1000}$ de matière étrangère.

3° Il me semble que la modification du faciès, dans le cas de syncristallisation, peut être rattaché au même phénomène que celui de la production des faces octaédriques des cristaux de certains iodures alcalins par une lame de clivage des micas potassiques (¹). Un cristal de mica s'accroît, pour ainsi dire, dans une solution d'iodure d'ammonium ou de potassium, au moins par la face de clivage.

Les facettes latérales des cristaux d'iodure sont des faces cubiques, comme l'ont observé G. Wulff (²) et L. Royer (³), mais avec des couches très minces d'eau mère et avec une cristallisation très lente, on obtient aussi des cristaux à contour hexagonal dont trois faces latérales appartiennent au cube et trois à l'octaèdre et il se produit même des octaèdres parfaits. Ces derniers peuvent prendre naissance si la solution contient de l'iodure de sodium sans qu'il soit nécessaire de prendre des précautions particulières, avec cette différence toutefois que ce corps, comme ceux qui provoquent la formation d'octaèdres, semble diminuer la facilité d'orientation (⁴).

Le fait intéressant, au point de vue auquel je me place ici, est que la face de clivage de mica provoque, à son contact, non seulement la formation de la face octaédrique de l'iodure, mais aussi celle de la face qui lui est parallèle. En se basant sur ce fait, on peut, par analogie, se représenter comment se produit la modification des cristaux par syncristallisation avec une matière étrangère.

En prenant comme exemple le cas des cristaux de nitrate de plomb qui se présentent en cubes dans une solution saturée de bleu de méthylène,

(¹) P. Gaubert, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 856.

(²) G. Wulff, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. 45, 1908, p. 335.

(³) L. Royer, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1610.

(⁴) G. Kalb (*Cent. f Min.*, 1917, p. 145) admet l'orientation des cristaux octaédriques de chlorure de sodium, déposés sur le mica par une eau mère contenant de la soude. Il me paraît que ces octaèdres, dont la forme n'est due qu'à la présence de cette dernière dans le cristal, ne sont orientés que tout à fait accidentellement et même presque toujours l'orientation n'est qu'approchée. Il en est de même des cristaux déposés, dans les mêmes conditions, par une eau mère contenant de l'urée.

alors qu'ils sont en octaèdres dans une eau mère pure [1], voici ce qui se passe. Les molécules de bleu de méthylène attirées et orientées, comme l'indique leur polychroïsme, par les sommets de l'octaèdre ou par les facettes extrêmement réduites du cube (je suppose qu'il s'agit de cristaux d'abord formés dans une eau mère non saturée de bleu), constituent une couche très mince parallèle aux faces du cube, formée de lamelles plus ou moins isolées ayant la même orientation. Cette couche exerce une influence analogue sur le nitrate de plomb qui forme un dépôt parallèle aux faces du cube. Ce dernier agit à son tour sur le bleu de méthylène et ainsi de suite. L'accroissement rythmique des cristaux favorise ce mode de groupement. L'attraction mutuelle des deux substances est cependant moins forte que celle du nitrate de plomb pour ses propres molécules, aussi la vitesse de cristallisation perpendiculairement aux faces du cube est plus faible que celle correspondant aux faces octaédriques, qui finissent par disparaître, et le cristal est finalement limité par les faces du cube seulement. La production de cubes dans une solution de bleu de méthylène s'explique aussi par le fait de l'orientation sur les cristaux de cette substance, de ceux du nitrate de plomb dès leur apparition. Tous les autres cas de modification du faciès par syncristallisation peuvent être interprétés de la même manière. Il est à remarquer que le faciès n'est pas modifié par les substances isomorphes, qui, en général, ont des formes identiques dans les mêmes conditions de cristallisation.

MINÉRALOGIE. — *Naissance de biotite dans des granites et des rhyolites broyés du Morvan.* Note de M. ALBERT MICHEL-LÉVY, présentée par M. Émile Haug.

La région montagneuse comprise entre Château-Chinon, le bassin d'Autun, Montsauche et Saint-Brisson présente de larges zones alternativement formées de rhyolites et de granites et orientées du S.W. au N.E. La consolidation de ces roches date du Dinantien. Elles ont été prises dans les derniers plissements hercyniens.

J'ai souvent rencontré, parmi elles, des parties broyées, dans lesquelles, par places, le degré d'écrasement mécanique et de concassage des éléments constituants est tel qu'elles mériteraient alors véritablement le nom de

(1) P. GAUBERT, *Bull. de la Soc. fr. de Min.*, t. 23, 1900, p. 210.

mylonites, n'était leur faible importance par rapport aux parties non broyées. Bien qu'il ne soit pas possible d'en suivre les affleurements avec quelque continuité, sur le terrain, elles paraissent cependant résulter d'accidents horizontaux, contemporains de la formation de la chaîne hercynienne.

Quelques-unes de ces parties broyées de rhyolites et de granites se sont montrées enrichies en fines lamelles d'une biotite, noire à l'œil nu, peu colorée en brun clair, en plaque mince, dans des conditions qui méritent d'être signalées (granites broyés et micacés entre Montsauche et Gouloux — à la Croix-Loiseux, S. de Château-Chinon — entre le Châtelet et Pont Charrot; rhyolites broyées et micacées à la carrière des Blandins).

Dans les parties simplement broyées, on ne retrouve que des débris de la roche originelle ou de ses éléments : *feldspaths* (orthose, albite, oligoclase), *quartz*, en éclats plus ou moins grands, disloqués et tordus, *biotite* en grandes lamelles froissées et chloritisées, accompagnées de zircon et d'apatite. Parfois, ces éléments ont été broyés en une mouture si fine qu'ils ne sont plus reconnaissables.

Cet ensemble est généralement envahi par des minéraux secondaires finement cristallisés (séricite, épidote, calcite), d'autant plus abondants que le broyage est plus prononcé. A l'œil nu, les parties les plus finement broyées prennent l'apparence de quartzites et une teinte d'un vert assez pâle.

D'autres parties broyées m'étaient apparues sur le terrain avec l'aspect de cornes micacées gris foncé et rappelant les roches métamorphisées au contact du granite. Au microscope, ces roches se sont révélées comme étant constituées par des granites et des rhyolites finement broyés, envahis par de *très fines et très nombreuses lamelles de biotite*, formées postérieurement au broyage. Tantôt ces lamelles ont rempli les fissures séparatives des éléments broyés, tantôt elles se sont accumulées sur les squelettes des anciennes lamelles primaires de biotite. Dans les parties très finement écrasées, elles se sont répandues un peu partout au sein de la roche.

Dans la rhyolite des Blandins, des fissures, larges de quelques millimètres, ont été remplies par des lamelles plus développées de cette même biotite, en groupements palmés, perpendiculaires aux parois.

Son polychroïsme est faible, avec les teintes brun pâle suivant n_g, blanc jaunâtre suivant n_m, blanc suivant n_p. L'angle des axes optiques est très réduit. Quelques fissures, d'abord garnies de cette biotite, ont été remplies au centre par de la magnétite déposée postérieurement.

Un tel envahissement par la biotite des granites et des rhyolites broyés rappelle les remplissages des cavités et des enclaves de certaines roches volcaniques par une biotite blonde, d'*origine pneumatolytique*, signalés par M. A. Lacroix dans le massif du Mont Dore.

C'est à l'action de gaz et vapeurs de fumerolles provenant d'un magma granitique, voisin en profondeur, que nous l'attribuons; phénomène comparable à celui qui a donné naissance à certains minéraux des roches métamorphisées au contact des granites, avec cette différence que la distance au granite en fusion était, dans le cas qui nous occupe, plus considérable.

Il nous paraît, en tout cas, bien établi que ces granites et ces rhyolites écrasés et micacés sont des témoins de broyages hercyniens profonds, pénétrés aussitôt par les gaz et vapeurs de fumerolles d'un magma granitique sous-jacent.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques en Normandie et en Bretagne*. Note de M. E. TABESSE, présentée par M. Daniel Berthelot.

Nous avons continué au cours du printemps et de l'été 1924 les mesures magnétiques entreprises en vue de l'établissement du nouveau réseau magnétique de la France. Le nombre des stations visitées dans les deux départements du Calvados et de la Manche est de 40, dont 4 l'ont été deux fois; 18 d'entre elles appartiennent au réseau de Moureaux, les autres sont nouvelles. Chaque mesure a été faite en double dans toutes les stations sauf deux (Courseulles et Grand-Camp).

Le tableau suivant donne les valeurs des éléments magnétiques rapportées au 1er janvier 1922. Les noms des stations nouvelles sont en italiques.

	D.	I.	H.	Situation magnétique.
Calvados :	° ′	° ′		
Amayé-sur-Orne	13.31,2	»	0,19484	calme
Bayeux	13.40,5	65.11,7	0,19395	calme
Bény-Bocage	13.46,2	65. 0,3	0,19502	calme
Cabourg	13.18,3	65.15,5	0,19401	presque calme
Caen	13.30,9	65. 8,4	0,19434	presque calme
Caumont	13.54,2	65. 9,9	0,19434	calme
Condé-sur-Noireau I	13.34,4	64.51,3	0,19563	calme
» *II*	13.36,3	64.50,8	0,19559	calme
Courseulles	13.37,4	65.15,6	0,19347	presque calme

	D.	I.	H.	Situation magnétique.
Evrécy	13°.29′,9	65°. 4′,1	0,19463	calme
Falaise	13.26,5	64.53,6	0,19552	calme
Grand-Camp-les-Bains	13.49,4	65.27,0	0,19293	presque calme
Lisieux	13. 2,8	65. 0,4	0,19473	calme
Livarot	13. 9,1	64.58,1	0,19541	presque calme
Mézidon	13.20,3	65. 2,2	0,19484	presque calme
Orbec	13. 0,7	64.59,0	0,19536	calme
Pont-l'Évêque	13.13,5	65.13,2	0,19421	un peu agitée
Sainte-Honorine-du-Fay	13.31,8	65. 5,4	0,19483	calme
Thury-Harcourt	13.27,2	65. 2,7	0,19494	calme
Tilly-sur-Seulles	13.38,2	65.13,7	0,19444	calme
Trouville-Deauville	13. 8,7	65. 9,7	0,19432	presque calme
Vire	13.44,6	64.58,8	0,19556	presque calme
Manche :				
Avranches	13.54,0	64.54,3	0,19604	calme
Barfleur I	»	65.33,2	0,19162	presque calme
» II	13.59,4	»	0,19176	calme
Bretteville	14. 2,4	65.33,9	0,19126	calme
Carentan I	14. 0,4	64.44,6	0,19361	un peu agitée
» *II*	13.55,5	65.21,2	0,19326	presque calme
Chausey (Iles)	14.17,4	65. 7,5	0,19479	calme
Cherbourg	14.11,9	65.34,8	0,19150	calme
Coutances	14. 1,8	65. 6,3	0,19449	calme
Granville	14. 2,6	65. 4,4	0,19495	calme
La Hague I	14.17,9	65.38,5	0,19112	calme
» II	14.15,6	»	0,19105	calme
» III	14.29,6	65.37,5	»	calme
La Haye-du-Puits	14. 9,3	65.27,0	0,19260	calme
Les Pieux	14.21,4	65.41,9	0,19118	calme
Mont-Saint-Michel	13.57,2	64.53,8	0,19617	calme
Mortain	13.43,9	64.47,7	0,19552	agitée
Pontorson	13.50,9	64.50,9	0,19670	calme
Saint-Lô	13.52,9	65. 8,4	0,19400	calme
Sainte-Marie-du-Mont	14. 2,5	65.24,8	0,19276	calme
Torigny-sur-Vire	13.53,0	65. 5,6	0,19488	calme
Valognes	14. 4,2	65.28,4	0,19199	calme
Villedieu-les-Poëles	13.50,9	64.58,6	0,19568	un peu agitée
Loire-Inférieure :				
Châteaubriant	13.37,2	64. 5,2	0,20043	presque calme
Le Croisic	14.14,7	63.50,2	0,20163	calme

La comparaison de ces mesures avec celles de Moureaux, qui sont rapportées au 1er janvier 1896, donne les variations séculaires des éléments magnétiques pour la période 1896-1922. En éliminant les résultats obtenus à La Hague, par suite de la forte anomalie qui y a été constatée, et à Châteaubriant qui se rattache à la région bretonne, les variations ont comme valeurs moyennes :

Déclinaison : — 2°57′ (valeurs extrêmes : — 3°1′ et — 2°51′)
Inclinaison : — 0°35′ (valeurs extrêmes : — 0°39′ et — 0°30′)
Composante horizontale : + 0,0020 (valeurs extrêmes : + 0,0027 et + 0,0015)

Ces valeurs sont intermédiaires entre celles qui ont été obtenues, d'une part, dans le bassin de Paris par M. Eblé et, d'autre part, en Bretagne par M. Maurain et nous-même; mais il semble bien que les différences dans l'allure des variations se produisent assez rapidement quand on passe de la Bretagne à la Normandie.

L'ensemble des mesures paraît révéler une anomalie magnétique assez accentuée dans le nord du Cotentin et une autre moins importante dans la région située au sud de Caen. En particulier, à La Hague, la valeur probable de D, déduite des mesures de Moureaux, aurait été au 1er janvier 1922 : 14°41′; nous y avons obtenu en trois points différents : 14°18′, 14°16′ et 14°30′; signalons encore une forte anomalie de I à Carentan où nous avons obtenu en deux points distants de 1km des valeurs différant de 26′. Les mesures faites à la station de Sainte-Marie-du-Mont, peu éloignée de la précédente, donnent pour les variations séculaires de H et I les plus grands écarts à la moyenne.

Notons enfin que les mesures effectuées à Châteaubriant n'ont pas confirmé l'anomalie semblant résulter de celles que nous y avions faites en 1923; celles-ci ont dû être troublées par une cause accidentelle comme nous l'avions supposé.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Extraction et propriétés de la géine, glucoside générateur d'eugénol, contenu dans le* Geum urbanum *L.* Note de MM. **H. Hérissey** et **J. Cheymol**, présentée par M. Guignard.

En 1905, l'un de nous (1), en collaboration avec Bourquelot, a montré que l'essence retirée par distillation des parties souterraines de Benoîte

(1) *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 870; *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 6e série, t. 21, 1905, p. 481.

contient surtout de l'eugénol, qui a été caractérisé à l'état de benzoyleugénol; en outre, il a été prouvé que cet eugénol ne préexiste pas, au moins en totalité, dans la plante fraîche, mais provient du dédoublement fermentaire d'un glucoside contenu dans cette dernière. Ce glucoside, auquel a été donné le nom de géïne n'avait pu être extrait en quantité et à un état de pureté suffisants pour qu'il ait été possible alors d'en indiquer avec précision la nature et les propriétés. Dans le présent travail, dont nous ne pouvons résumer ici que les résultats essentiels et qui paraîtra en détail dans un autre recueil, nous avons réussi à obtenir la géïne en quantité encore assez faible, mais néanmoins largement suffisante pour pouvoir fixer son individualité chimique et exposer un certain nombre de ses propriétés caractéristiques.

Extraction de la géïne. — On prépare tout d'abord un extrait aqueux en traitant par l'eau *bouillante* les parties souterraines *fraîches* de Benoîte; cet extrait repris par l'alcool fournit un extrait alcoolique qu'on épuise par l'acétone légèrement hydratée; le résidu obtenu par évaporation des liqueurs acétoniques est traité dans des conditions convenables par l'éther acétique, dans lequel la géïne cristallise après amorçage. En utilisant une matière première récoltée à la mi-septembre, on a obtenu un rendement d'environ 1 pour 1000 en géïne brute. Celle-ci est purifiée par recristallisation dans l'éther acétique *hydraté;* il est assez difficile de la débarrasser complètement de traces d'un produit insoluble dans l'eau, qui l'accompagne au cours de son extraction.

Propriétés de la géïne. — La géïne se présente en fines aiguilles incolores, très légères, souvent groupées en sphéro-cristaux, combustibles sans résidu. Elle a perdu, à l'étuve à eau bouillante, 3,60 pour 100 de son poids. Elle est incolore et inodore; sa saveur est à peu près nulle. Son point de fusion instantané au bloc est de $+146$ à 147°. Elle est assez peu soluble dans l'eau froide et dans l'alcool à 95°, très peu soluble dans l'éther acétique froid, insoluble dans l'éther.

Elle est lévogyre, sans polyrotation. La détermination du pouvoir rotatoire effectuée, en solution aqueuse, sur deux produits provenant de cristallisations différentes a donné :

I. $[\alpha]_D = -52^\circ,99$ ($v = 50^{cm^3}$, $l = 2$, $p = 0^g,3147$, $\alpha = -40'$).

II. $[\alpha]_D = -54^\circ,37$ ($v = 50^{cm^3}$, $l = 2$, $p = 0^g,3062$, $\alpha = -40'$).

La géïne n'est pas azotée.

Hydrolyse par les acides. — La géïne, en solution aqueuse, ne réduit pas les liqueurs cupro-potassiques; elle est facilement hydrolysée par les acides minéraux étendus et bouillants, comme l'acide sulfurique à 2 pour 100, avec mise en liberté de matières réductrices.

I. Une solution renfermant, pour 100^{cm^3}, $0^g,5035$ de glucoside contenait, après hydrolyse, $0^g,3508$ de sucre réducteur, exprimé en glucose, soit 69,67 pour 100 du produit initial. La rotation était devenue $+32'$ ($l = 2$).

II. Une solution de géïne, à $0^g,4899$ pour 100^{cm^3}, contenait, après hydrolyse, $0^g,3375$ de sucre réducteur, soit 68,89 pour 100 de géïne et avait également une rotation de $+32'$.

Les liqueurs d'hydrolyse exhalent une forte odeur d'*eugénol*; celui-ci a été caractérisé à l'état de déhydrodieugénol, corps préparé antérieusement par H. Cousin et H. Hérissey (¹).

Les valeurs trouvées indiquent qu'il doit y avoir, au cours de l'hydrolyse, mise en liberté de plus d'une molécule de sucre simple; elles concordent très bien avec celles que donnerait un mélange à molécules égales de glucose *d* et d'arabinose *l*; en accord, avec cette hypothèse, les liqueurs d'hydrolyse fournissent, avec l'orcine et l'acide chlorhydrique, la réaction des pentoses.

Dédoublement fermentaire de la géïne par la géase. — Une solution de géïne à $0^g,6294$ pour 100^{cm^3}, contenait, après action de la géase, $0^g,2449$ de sucre réducteur, exprimé en glucose, et avait une rotation de $+18'$. Elle contenait de l'eugénol.

Toutes les observations qui précèdent sont en parfait accord avec l'hypothèse qui envisagerait la géïne comme formée de 1^{mol} d'eugénol, 1^{mol} de glucose *d* et 1^{mol} d'arabinose *l*, avec élimination de 2^{mol} d'eau; le glucoside, en outre, cristalliserait avec 1^{mol} d'eau. La géase ne conduirait le dédoublement que jusqu'à un terme intermédiaire, qui serait un sucre constitué par l'union de 1^{mol} de glucose *d* et de 1^{mol} d'arabinose *l*, avec élimination de 1^{mol} d'eau; on connaît déjà un tel sucre, c'est le vicianose isolé par G. Bertrand et G. Weisweiller (²) des produits d'hydrolyse fermentaire de la vicianine. On ne peut, à ce point de vue, s'empêcher de remarquer que si nous calculons, d'après les données publiées sur le vicianose, la quantité de ce dernier sucre hypothétiquement formée dans le dédoublement fermentaire de la géïne, en considérant le pouvoir réducteur de la liqueur d'hydrolyse, nous trouvons un rendement en vicianose de 66,02 pour 100, alors que, dans l'hypothèse formulée plus haut relativement à la constitution de la géïne, le calcul aboutit à la valeur de 65,54.

Il est bien évident que la constitution de la géïne ne pourra être établie avec certitude que par des recherches ultérieures et, en particulier, par l'obtention à l'état pur des sucres résultant de l'hydrolyse du glucoside soit par les acides, soit par la géase; c'est la tâche que nous aborderons aussitôt que nous aurons préparé la quantité de matière première nécessaire pour en poursuivre l'accomplissement.

(¹) *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 1413; *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 6ᵉ série, t. 28, 1908, p. 49.

(²) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 325, 884; *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série t. 9, 1911, p. 38.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le processus du noircissement des Orobanches au cours de leur dessiccation.* Note de MM. **M. Bridel** et **C. Charaux**, présentée par M. L. Guignard.

On sait qu'un certain nombre de végétaux ont la propriété de noircir au cours de leur dessiccation et que le processus de ce noircissement plus ou moins accentué n'est pas le même pour toutes les plantes.

Le noircissement peut être produit par l'action d'un ferment oxydant sur un principe de nature phénolique facilement oxydable : telles sont l'action de la laccase sur le laccol, celle de la tyrosinase sur la tyrosine. Il peut encore provenir de l'action de l'émulsine sur un glucoside qui donne un composé devenant noir par polymérisation, par oxydation ou par un processus encore indéterminé. Citons comme rentrant dans ces catégories les plantes qui renferment de l'aucuboside (aucubine), de l'arbutoside (arbutine), du monotropéoside [1] (monotropéine). Ce dernier glucoside existe dans le *Monotropa Hypopitys* L., plante dépourvue de chlorophylle et non parasite.

D'autres plantes, également dépourvues de chlorophylle, mais parasites, les Orobanches, possèdent la propriété de noircir pendant la dessiccation. A la vérité, leur noircissement est bien moins accentué que celui du *Monotropa Hypopitys* L., de l'Aucuba ou des Mélampyres, par exemple. Leur végétation terminée, les Orobanches passent du blanc jaunâtre au brun grisâtre, mais le noircissement est néanmoins très net.

Nous avons recherché l'aucuboside dans cinq espèces différentes : *Orobanche amethystea* Thuill. (plante entière); *O. cruenta* Bert. (plante entière); *O. Epithymum* DC (bulbe); *O. minor* Sutt. (bulbe et parties aériennes); *O. Picridis* Schultz (bulbe et parties aériennes), par la méthode à l'invertine et à l'émulsine. Nous n'avons trouvé dans aucune d'elles ni aucuboside, ni aucun autre glucoside dédoublable par l'émulsine.

Les bulbes de l'*Orobanche Rapum* Thuill. nous ont fourni, à l'état pur et cristallisé, un glucoside spécial, l'*orobanchine* [2] que nous désignerons dorénavant sous le nom *orobanchoside*. Ce glucoside donne à l'hydrolyse de l'acide caféique, du glucose et du rhamnose; ces principes ont été obtenus

---

(1) Voir, au sujet de ces noms, *Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 6, 1924, p. 905.

(2) *L'orobanchine, glucoside nouveau, retiré des tubercules frais de l'*Orobanche Rapum *Thuill.* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1839).

à l'état cristallisé. Il n'est hydrolysé ni par l'émulsine, ni par le ferment des graines de *Rhamnus*. Le suc glycériné de *Russula delica* provoque l'oxydation de l'orobanchoside en solution : il y a formation d'un précipité amorphe qui prend peu à peu une teinte brune, mais il n'y a pas hydrolyse.

Nous avons pensé que la teinte brun grisâtre que prennent les Orobanches pendant la dessiccation était due à l'action d'un ferment oxydant sur l'orobanchoside. Les Orobanches renferment en effet un ferment oxydant très actif. La section du bulbe est jaune clair et se colore très rapidement en brun, au contact de l'air. La teinture de gaïac diluée dans l'eau se colore immédiatement en bleu intense au contact de cette section.

Nous avons fait agir une poudre fermentaire obtenue avec l'*Orobanche amethystea* Thuill., sur une solution aqueuse d'orobanchoside à 1 pour 50. La solution jaune clair s'est troublée, puis elle a pris une teinte brun foncé. En 24 heures, la rotation de la solution avait passé de $-2°48'$ à $-2°$ ($l = 2$). La coloration de la solution était ensuite trop intense pour permettre un nouvel examen au polarimètre.

Au bout de 7 jours, la solution a été déféquée à l'extrait de Saturne et filtrée. La liqueur filtrée, incolore, était inactive sur la lumière polarisée et ne renfermait pas de sucre réducteur. Il n'y avait donc pas eu hydrolyse de l'orobanchoside, mais seulement précipitation par oxydation.

En résumé, c'est à l'orobanchoside, glucoside particulier des Orobanches, qu'il faut attribuer le noircissement de ces plantes pendant la dessiccation par le processus suivant : le ferment oxydant dont nous avons démontré la présence dans les Orobanches, agit sur l'orobanchoside en donnant une matière colorante brune, insoluble dans l'eau, produit d'oxydation de nature indéterminée, mais renfermant tous les composants du glucoside générateur.

Ce processus de noircissement par oxydation directe d'un glucoside, sans hydrolyse, est différent de celui qui a été signalé, par exemple, pour les Mélampyres, le *Monotropa Hypopitys* L. ou les feuilles de Poiriers, dans lequel le glucoside de ces plantes est d'abord hydrolysé et fournit ainsi un produit de dédoublement qui se colore soit par polymérisation, soit par oxydation.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations nouvelles sur la Xénie chez le Blé.* Note de M. L. Blaringhem, présentée par M. L. Guignard.

L'explication physiologique de la déformation des ovaires et des fruits par l'action de pollens illégitimes a été donnée par L. Guignard en 1899; l'intérêt pratique de ces phénomènes de Xénie est mis en valeur par le seul fait qu'ils guidèrent Mendel (1865), puis Hugode Vries (1900), dans la découverte des règles numériques de la disjonction des hybrides de variétés. Les cas de Xénie que j'ai observés chez le Blé sont relatifs à des hybrides entre espèces [*Triticum monococcum* × *durum* (Blaringhem, 1910), *Tr. monococcum* × *polonicum* et *Tr. turgidum* × *vulgare* (1913)] et même à des hybrides entre genres différents [*Triticum* × *Secale* (1922), *Ægilops* et *Triticum* (1923)]. Les nombreuses fécondations illégitimes entre espèces divergentes de Blés réalisées en 1924 (¹) complètent heureusement cette série; elles fournissent de plus des indications précieuses sur les hybridations interspécifiques en général.

Les pollinisations illégitimes ont été faites sur des épis à rachis intact, portant le plus grand nombre possible (20 à 30) de fleurs castrées, avec les anthères mûres d'un même épi; cette technique, que j'ai signalée déjà (1913), simplifie les généalogies; elle a surtout l'avantage de prolonger la vitalité des épis et de favoriser la formation des *grains hybrides*. Ceux-ci en effet *se forment d'autant mieux et sont d'autant plus lourds qu'ils sont plus nombreux sur le même épi.*

Ainsi un épi *Triticum Cienfuegos* portant 30 fleurs castrées, pollinisé par *Tr. monodurum*, a fourni 25 grains hybrides de même taille et presque aussi lourds ($45^{mg},2$) que les grains de *Cienfuegos* autofécondés ($53^{mg},1$). La combinaison *Tr. monodurum* × *dicoccoides* réalisée avec trois couples d'épis différents a donné respectivement 18, 19 et 19 grains pesant en moyenne $51^{mg},1$, $51^{mg},5$ et $57^{mg},4$; la combinaison *Tr. turgidum* B × *vulgare* D réalisée deux fois a donné 12 et 14 grains pesant en moyenne 57^{mg} et 64^{mg}. Ces faits, que je pourrais multiplier puisque, sur 40 opérations réussies, 28 ont fourni des épis portant de 10 à 15 grains hybrides bien constitués, mettent en valeur une règle fréquemment vérifiée chez les Céréales cultivées, surtout chez l'Avoine, d'après laquelle la fécondation d'un nombre élevé de fleurs entraîne, pour une sorte donnée, l'augmentation du poids moyen des grains de l'épi ou de la grappe.

1° En raison des nombreux grains hybrides formés sur le même épi, j'ai pu vérifier l'identité de forme, de taille et de poids des hybrides, ou mieux,

(¹) L. Blaringhem, *Production de nouveaux hybrides de Blés...* (*Comptes rendus*, t. 180, 1925, p. 218).

puisque l'enveloppe du caryopse et l'embryon sont réduits, des albumens. *La règle de l'uniformité des caractères des hybrides de première génération est strictement applicable aux albumens*, qui sont des embryons mort-nés.

2° Contrairement à ce qui a lieu pour les croisements entre variétés d'une même espèce, *les fécondations illégitimes entre espèces différentes et leurs combinaisons réciproques ne donnent pas*, d'ordinaire, *des albumens hybrides identiques.*

Ainsi, j'ai obtenu trois combinaisons, *Tr. vulgare* D × *turgidum* B avec 11, 13 et 13 grains pesant respectivement 20, 15,6 et 29^mg,4, alors que deux combinaisons *turgidum* B × *vulgare* D ont donné 12 et 14 grains pesant en moyenne plus du double, 57 et 64^mg. Les quatre combinaisons *Tr. dicoccoides* × *monodurum* donnèrent 8, 8, 13 et 14 grains avec poids moyens 35,7, 38,9, 32,3 et 39^mg,8, alors que les réciproques *monodurum* × *dicoccoides* fournissent 18, 19 et 19 grains à poids moyens 51,1, 51,5 et 57^mg,4; *Tr. vulgare* × *monodurum* réalisé deux fois avec 5 et 5 grains pesant 23 et 27^mg s'oppose de même à *monodurum* × *vulgare* avec 14 grains pesant en moyenne 46^mg.

D'ailleurs, à ces poids divergents correspondent des différences d'aspect et de forme qui trahissent des constitutions d'albumen totalement indépendantes : *Tr. turgidum* × *vulgare* donne des grains énormes (5 grains mesurant bout à bout 44^mm de long, côte à côte 25^mm de large et 24^mm d'épaisseur), alors que *Tr. vulgare* × *turgidum* donne pour les mêmes mensurations 36, 13 et 12^mm; de même *Tr. monodorum* × *vulgare* donne 42, 20 et 18^mm, alors que *Tr. vulgare* × *monodurum* donne 28, 14 et 13^mm pour 5 grains.

3° En classant les hybrides réalisés d'après les espèces maternelles, j'ai réussi à mettre en évidence les caractéristiques que certaines d'entre elles fournissent à leurs albumens illégitimes.

Les ovaires *Tr. vulgare* pollinisés par les espèces divergentes *Cienfuegos*, *dicoccoides*, *monodurum*, *turgidum*, donnent des grains légers (16 à 29^mg), petits, ridés à la surface, à plateau stigmatifère étalé à angle droit sur l'axe du grain; les ovaires de *Tr. Spelta* se comportent de même avec les pollens de *Tr. turgidum* (29^mg). Au contraire, la combinaison de *Tr. vulgare* × *Spelta* donne des grains plus lourds (64^mg) que ceux des parents, remarquables par la parfaite constitution de leurs albumens.

Toujours, dans mes épreuves, les ovaires *turgidum* B produisent, avec des pollens *vulgare*, des grains énormes, boursouflés, puis ridés, comme si l'albumen était partiellement digéré avant la dessiccation; les albumens *turgidum* × *monodurum* sont mieux constitués et très lourds; les ovaires *monodurum* donnent des grains pleins avec *vulgare* (46^mg), surtout avec *abyssinicum* (58^mg) et même avec *dicoccoides*.

Les ovaires *dicoccoides* impriment à leurs hybrides la forme allongée et étroite; leur pollinisation par *Tr. vulgare* B m'a donné des grains presque filiformes.

Enfin *Tr. monococcum* donne dans tous les cas les grains les plus petits; pollinisé

avec *monodurum*, 5 grains ont 28, 8 et 11^{mm}, avec *Cienfuegos* 31, 10 et 14^{mm}, avec *turgidum* 32, 11, 14^{mm}; la croissance est lente et les grains desséchés offrent des caractères infantiles, transitoires chez les autres Blés. Jusqu'ici les ovaires de cette espèce sont restés réfractaires à l'activité des pollens de *vulgare*.

En résumé, le poids, la forme et la taille des albumens hybrides entre espèces de *Triticum* trahissent les affinités ou les divergences des espèces croisées; leur connaissance peut être utile pour la recherche des parentés et par suite pour l'étude de l'origine des qualités de la série complexe des Froments. Les déformations caractéristiques des ovaires par certains pollens font soupçonner les péripéties d'une lutte entre la mère et l'embryon illégitime ou, tout au moins, des déséquilibres suffisants pour expliquer la mortalité prématurée de certaines combinaisons. Les hybrides d'espèces de *Primula* et de *Dianthus* présentent des phénomènes du même ordre, moins accentués.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les relations biologiques entre une Hépatique* (Lophocolea bibentata *Nees.*) *et diverses Muscinées.* Note [1] de M. **Ad. Davy de Virville**, présentée par M. Molliard.

Le *Lophocolea bidentata* Nees. est une Hépatique à feuilles qui se développe soit isolément, soit au milieu des touffes de diverses espèces de Muscinées dont elle enlace plus ou moins étroitement les tiges. Je l'ai trouvée ainsi fréquemment associée à de nombreuses Mousses : *Hypnum purum* L. et *Schreberi* Wild., *Thyidium tamariscinum* B. E., *Anomodon viticulosus* H. et T., *Dicranum scoparium* Hedw., *Polytrichum formosum* Hedw., *Mnium undulatum* Neck., ou même à d'autres Hépatiques : *Plagiochila asplenioides* Dum. Dans ce cas, si l'on détache avec soin la tige du *Lophocolea* et si on l'observe au microscope, on peut voir qu'au niveau des amphigastres se sont développés de nombreux rhizoïdes plus ou moins allongés. Leur extrémité, au lieu d'être lisse et de se terminer normalement en doigt de gant, est ici, au contraire, digitée, renflée en ampoule, irrégulièrement ramifiée et contournée, si bien qu'on a l'impression d'observer de véritables crampons-suçoirs. La même chose se produit au contact des brins de bois ou des feuilles mortes.

Cet épatement et ce renflement des rhizoïdes des Mousses au contact des

(1) Séance du 26 janvier 1925.

corps humides est d'ailleurs connu, mais il est moins accentué et s'opère d'une manière différente.

Si, pour mieux étudier les rapports de la Mousse et de l'Hépatique, on pratique une coupe à l'endroit où les deux végétaux s'unissent l'un à l'autre, on constate que les bifurcations des rhizoïdes de l'Hépatique ne pénètrent pas dans les cellules des feuilles de la Mousse, mais qu'elles s'appliquent exactement contre la cuticule et qu'elles en moulent parfaitement toutes les aspérités. Les rhizoïdes ne se fixent donc pas aux tiges des Mousses comme un examen superficiel pourrait le faire croire, mais bien aux feuilles qui, dans la plupart des espèces, sont appliquées contre la tige qu'elles entourent comme un manchon protecteur. Du reste on peut très bien détacher des feuilles de Mousses portant encore des rhizoïdes. Cet examen est même très instructif, car on peut voir que ceux-ci se ramifient toujours en superposition exacte avec les membranes des cellules du limbe et qu'ils en suivent fidèlement tous les contours. Par contre, je n'ai pas remarqué de modifications importantes dans la forme ou le contenu des cellules de la Mousse au point de contact.

Quelle interprétation doit-on donner de ces faits? D'abord il est hors de doute que ces rhizoïdes ont un rôle de crampon, ce qui permet à l'Hépatique de s'élever au milieu des Mousses qu'elle enlace à la manière des plantes grimpantes chez les Phanérogames. On a ici un nouvel exemple de cette sensibilité au contact analogue à celle que M. Chemin vient de décrire chez les Algues ([1]). Mais, et c'est là un problème biologique beaucoup plus intéressant et plus délicat à résoudre, y a-t-il simplement contact entre le rhizoïde de l'Hépatique et le tissu cellulaire de la feuille de la Mousse; ou bien les liquides nutritifs peuvent-ils passer par osmose d'un organisme à l'autre.

A priori, il semble qu'on puisse répondre par l'affirmative : car si les rhizoïdes ont un rôle de fixation ils ont aussi un rôle de nutrition. D'ailleurs leur forme extérieure, je l'ai dit, donne l'impression d'un suçoir tout autant que d'un crampon. Néanmoins j'ai voulu mettre en évidence le passage possible de substances de la Mousse à l'Hépatique par la double série d'expériences suivantes.

D'abord on sait depuis longtemps que les feuilles de Mousses peuvent retenir la vapeur d'eau atmosphérique. Mes expériences sur des tiges feuillées

([1]) E. Chemin, *La sensibilité au contact chez les Algues* (*Revue algologique*, t. 1, 1924, p. 213-222 et 5 fig.).

d'*Anomodon viticulosus* desséchées dans les conditions naturelles, puis placées en atmosphère saturée et ayant repris leur turgescence normale confirment pleinement cette opinion. Pourtant la cuticule de cette mousse est assez épaisse : néanmoins elle n'est pas imperméable.

De plus, j'ai placé des tiges d'*Anomodon viticulosus* et de *Thyidium tamariscinum* auxquelles étaient fixées des tiges feuillées de *Lophocolea bidentata* sur une solution de bleu de méthylène recouverte d'une couche d'huile pour éviter que le colorant ne s'élève rapidement, par capillarité, le long de la tige et à l'extérieur de celle-ci. Le *Lophocolea* ne pouvait donc absorber l'eau et les substances solubles que par l'intermédiaire de ses rhizoïdes fixées sur la tige de la mousse qui leur servait de support. Dans ces conditions, l'absorption du liquide est lente car il doit passer par osmose de cellule en cellule. De plus, le bleu de méthylène, colorant vital, est énergiquement fixé par le protoplasma des cellules sur son parcours. Néanmoins on peut voir les tiges et les feuilles de la Mousse se colorer progressivement et le liquide bleu passer de là dans les rhizoïdes et la tige de l'Hépatique qu'il colore au voisinage de son point d'attache. Cette expérience, délicate à réussir pour les deux motifs que je viens d'exposer, est absolument décisive. Elle montre que si, dans les conditions naturelles, il y a toujours au moins simple contact entre les diverses espèces de Mousses et cette Hépatique, il peut également exister une symbiose et, sans doute même, un véritable parasitisme lorsque l'Hépatique se nourrit partiellement aux dépens des Mousses parmi lesquelles elle se développe. Et ce fait n'expliquerait-il pas la faible quantité de chlorophylle que tous les botanistes descripteurs signalent dans les feuilles de cette espèce ?

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la vitesse d'établissement de la sensation lumineuse et la grandeur de l'ondulation de prééquilibre pour des excitations monochromatiques d'intensité variable.* Note (¹) de MM. **N. Kleitman** et **H. Piéron**, présentée par M. Henneguy.

Broca et Sulzer montrèrent en 1903 que, à la fin de la période de croissance de la sensation lumineuse, ce n'est pas le régime stable qui est atteint, mais un régime passager correspondant à un niveau supérieur au niveau d'équilibre obtenu par une excitation de durée prolongée; et désigné sous le nom, discutable, d'ondulation de fatigue.

(¹) Séance du 26 janvier 1925.

Le phénomène, que nous appellerons ondulation de préequilibre, peut être comparé à l'oscillation de l'aiguille d'un galvanomètre insuffisamment amorti. On a d'ailleurs parfois constaté (Lehmann en particulier) après la grande oscillation initiale, une, ou quelques autres, de plus en plus petites, ce qui semble indiquer un amortissement progressif.

Dès lors, il est difficile de déterminer au bout de combien de temps le régime définitif se trouve atteint. Et, comme le maximum de la première ondulation, assez longue, ne peut être défini avec une très grande précision, pour déterminer un indice de la vitesse d'établissement, la meilleure méthode consiste à noter au bout de combien de temps se trouve franchi pour la première fois le régime stable.

Ce fut celle de E. Haas qui a vérifié, en employant des lumières spectrales, le fait de l'inégale vitesse d'établissement et de l'inégale grandeur de l'ondulation de préequilibre de la sensation lumineuse engendrée par des radiations monochromatiques de couleurs différentes, que Broca et Sulzer avaient déjà fait connaître.

Mais, à cet égard, il n'est pas possible d'établir des données précises sur les lois du fonctionnement oculaire si l'on ne tient pas compte de la qualité fondamentale des appareils récepteurs. Aussi, avons-nous repris la question en procédant séparément à l'excitation des bâtonnets et des cônes, et, en employant pour l'excitation de ces derniers, plusieurs lumières monochromatiques, obtenues par filtration avec des écrans Wratten.

Grâce à un dispositif optique permettant de juxtaposer sur la rétine, outre un point de fixation stable, des plages rectangulaires de deux photoptomètres de Polack, l'une exposée un temps assez long (1 seconde) et l'autre un temps très variable (de 0,004 à 0,360 seconde) au moyen du tachistoscope de Michotte, nous avons déterminé, par comparaison, le niveau atteint au bout de durées croissantes d'excitation (1).

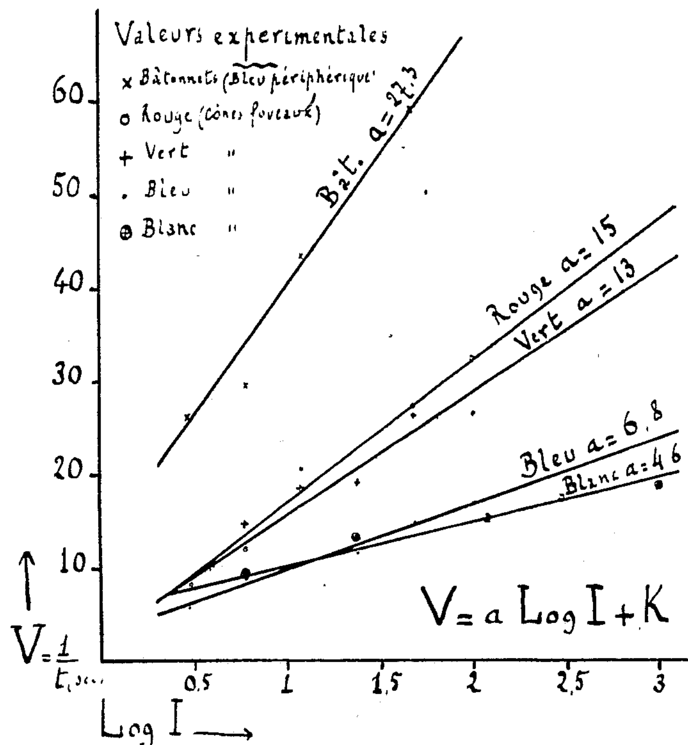
En utilisant la région fovéale, avec fixation oculaire stable, nous avons pu étudier isolément le fonctionnement des cônes; et en employant des radiations de courte longueur d'onde à des niveaux d'intensité pour lesquels la fovéa se montrait aveugle, avec excitation périphérique, nous avons pu en faire autant pour les bâtonnets (dans tous les cas après une adaptation prolongée à l'obscurité).

Nous avons ainsi constaté que les caractéristiques d'action de la lumière bleue, signalées par Broca et Sulzer, et par Haas, étaient en réalité les

(1) *C. R. Soc. de Biologie*, t. **91**, 1924, p. 453, 456 et 524, et t. **92**, 1925, p. 26-24.

caractéristiques des bâtonnets (vitesse plus grande d'établissement, ondulation plus marquée) sur lesquels les radiations de courte longueur d'onde agissent avec beaucoup plus d'intensité que sur les cônes.

Et, au contraire, la lumière bleue agissant exclusivement sur les cônes, montre, à intensité physiologiquement équivalente (représentant un certain multiple de l'intensité liminaire), la vitesse la moins grande et la moins haute ondulation de préequilibre, par rapport aux lumières rouge et verte (vitesse d'établissement et hauteur de l'ondulation allant de pair).



La loi générale, qui relie la latence de franchissement du régime stable à l'intensité d'excitation, est du type proposé par Charpentier : $t = \frac{a}{\sqrt[n]{i}} + K$. Les valeurs des constantes a et K diffèrent pour les bâtonnets et pour les cônes, et, pour les cônes, diffèrent suivant la nature de la lumière. Il existe des constantes propres aux trois fondamentales rouge, verte, et bleue, une excitation monochromatique donnant des valeurs intermédiaires entre celles des excitations rouge et verte. Une approximation assez grossière, mais qui permet une représentation plus simple et plus claire des faits, con-

siste à envisager la vitesse d'établissement V (réciproque des temps de latence) comme proportionnelle au logarithme de l'intensité (loi de S. Exner) : $V = a \log i + K$.

La constante a, qui régit le taux d'accroissement de la vitesse, possède la valeur maxima pour l'excitation des bâtonnets (lumière bleue périphérique), et la valeur minima pour l'excitation des cônes fovéaux par la lumière blanche, avec des valeurs intermédiaires pour leur excitation par les lumières rouge, verte et bleue.

Sur une échelle logarithmique des intensités, les droites représentant de façon approximative les vitesses (droites qui devraient présenter une incurvation vers l'axe des X) ont une inclinaison (représentée par la constante a) qui indique ce taux de variation des vitesses (voir la figure).

D'autre part les intensités sont représentées sur une échelle d'équivalence physiologique (multiples de l'intensité d'excitation liminaire prise pour unité dans chaque cas), ce qui permet de comparer le niveau des vitesses d'établissement pour les différentes catégories d'excitation.

La plus grande vitesse d'établissement de la lumière rouge et de la lumière verte, par rapport à la lumière bleue, est en accord avec les données déduites par l'un de nous de ses recherches sur les couleurs subjectives de Fechner-Benham, et avec le mécanisme d'interprétation proposé (¹).

CYTOLOGIE. — *État quiescent et état actif chez les amibocytes d'Arénicole.* Note de M. E. Fauré-Fremiet, présentée par M. Henneguy.

Les amibocytes de l'Arénicole, examinés aussitôt après l'extraction de la lymphe périviscérale (²) sont des cellules fusiformes très allongées avec une région centrale ovoïde, et renflée autour du noyau. Très bien décrits par Deckhuyzen en 1901, et revus par Romieu en 1923, ces éléments présentent en général une courbure légère et leurs extrémités sont plus ou moins aiguës; ils sont rigides et non adhérents.

La coloration vitale des leucocytes fusiformes effectuée dans certaines

(¹) Cf. H. Piéron, *Loi de la vitesse d'établissement des processus chromatiques fondamentaux* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1294); *Le mécanisme d'apparition des couleurs subjectives de Fechner-Benham* (*Année psychologique*, t. 23, 1923, p. 1-49).

(²) Mes observations ont porté tout particulièrement sur les jeunes individus longs de 3^{cm} à 5^{cm} dont la lymphe très riche en globules blancs ne contient pas ou très peu d'éléments sexuels.

conditions avec le violet dahlia ou le vert janus met en évidence un faisceau de longues fibrilles parcourant toute la longueur de la cellule; les unes contournent le noyau et les autres le dépriment en une incision médiane absolument constante; l'éclairage ultra-microscopique permet de les distinguer sans coloration du reste du cytoplasma, lequel est une gelée amicronique, pouvant contenir quelques inclusions réfringentes colorables par le rouge neutre et quelques globules huileux.

Après les fixations chromiques ou chromo-osmiques ces fibrilles se teignent énergiquement par la fuchsine; elles apparaissent également par les méthodes à l'osmium réduit, et l'on serait tenté de les assimiler à de grands chondriocontes, si elles ne résistaient aux liquides picro-acétiques et aux solvants des graisses, en conservant une forte affinité tinctoriale pour divers colorants tels que l'éosine et la fuchsine. On peut supposer que ces structures représentent la superposition de tono fibrilles (au sens de Heidenhain) et de mitochondries, cette superposition pouvant être imaginée, au point de vue physico-chimique, comme une teinture de la fibrille protéique par les lipoïdes caractéristiques des mitochondries.

Une à deux minutes *au plus* après l'extraction de la lymphe périviscérale, les cellules fusiformes subissent les transformations profondes décrites par Deckhuyzen (1901); elles se raccourcissent très rapidement, deviennent globuleuses et émettent les mêmes lames pseudopodiques godronées et peu mobiles que Rosa (1896) avait nommées « pseudopodes pétaloïdes », et Deckhuyzen « ptéropodes », avant que Edwin Goodrich (1920) ne définisse leur exacte structure.

En même temps les colorations cytologiques montrent tous les stades de la fragmentation des filaments colorables et leur résolution en granules comparables à des mitochondries (avec les mêmes réserves que ci-dessus).

Cattaneo, Rosa, Hardy, Botazzi ont considéré ce type de transformation, qui se retrouve chez un très grand nombre d'amibocytes d'Invertébrés (Vers, Mollusques, Crustacés, etc.) comme un phénomène prémortel. Siedlecki (1903) le considère plutôt, d'après ses observations sur *Polymnia*, comme le passage d'un état quiescent à un état actif; si l'on injecte de la poudre de carmin dans la cavité générale de l'Arénicole, toutes les cellules fusiformes deviennent amiboïdes et phagocytaires. Leo Loeb (1920) pense d'ailleurs qu'une simple action mécanique peut entraîner la transformation de l'état quiescent à l'état actif.

Mais la nature très particulière des pseudopodes lamelleux de ces amibo-

cytes (« choanoleucocytes » de Dehorme 1925) semble liée à une faible motilité et à un grand pouvoir d'adhésion; le protoplasma de ces cellules à l'état amiboïde a perdu sa rigidité, il est devenu fluide, et s'étale sur certaines surfaces solides. Leo Loeb a montré chez *Limulus* que cet étalement entraîne une nouvelle transformation, irréversible et prémortelle cette fois, la disproportion réalisée entre la surface et le volume protoplasmique modifiant profondément l'imbibition et la perméabilité cellulaire. Les « corpuscules explosifs » de Hardy représentent l'exagération d'un tel cas.

Si l'étalement n'est pas trop considérable (« thigmocytes » de *Periplaneta* et d'*Astacus* d'après Tait 1920), il s'accompagne d'une translation par glissement bien connue chez quelques Amœbiens qui, tels que *Hyalodicus*, possèdent à l'état actif des lames hyaloplasmiques et non plus des pseudopodes lobés (Penard 1902), et chez certaines cellules mésenchymateuses cultivées *in vitro* qui forment elles aussi des lames hyaloplasmiques (H.-B. Goodrich 1924).

Tait (1920) analyse les conditions de l'étalement total et celles du glissement au point de vue des phénomènes de tension superficielle qui prédominent certainement dans ce cas.

Si les amibocytes d'Arénicole sont distribués sur des surfaces solides appropriées et non planes (réseaux) l'étalement total ne se produit pas et les phénomènes d'adhérence mutuelle, si bien étudiés par Léo Loeb, prédominent; on observe comme avec les amibocytes de *Limulus* la formation de pseudo-tissus, mais on constate de plus une tendance à l'organisation des masses constituées, car les amibocytes reviennent lentement à l'état quiescent initial et reconstituent leur structure fibrillaire dans les limites permises par leurs situations réciproques.

On a décrit, chez de nombreux Amœbiens, un état quiescent et un état actif correspondant par exemple, et pour une même espèce, à l'aspect d'*A. radiosa* (forme rigide) ou d'*A. limax* ou *guttula* (forme fluide) (Penard 1902, Doflein 1907). Le *Hyalodiscus* est aussi dans ce cas. Les travaux de Chambers, Hyman, Pantin, etc., permettent de considérer ces états physiologiques comme liés à l'état physico-chimique des colloïdes du protoplasma.

Le cas des leucocytes fusiformes est tout à fait comparable, mais l'état quiescent rigide *peut* dans certains types, être lié à l'existence d'une structure interne *visible* telle qu'un faisceau fibrillaire correspondant aux « cytosquelettes » de Koltzoff, mais pouvant être essentiellement labile. Le

« linome » des éléments décrits par Dehorne (¹) correspond à quelques-uns des cas possibles.

Chez les amibocytes non fusiformes, Heidenhain, Henneguy, Joseph ont décrit autour du centrosome des radiations qui jouent peut-être un rôle analogue ; les figures données par Meves de leucocytes actifs montrent que la sphère et le centrosome seuls persistent dans cet état.

Ajoutons qu'à l'état quiescent l'Amibe type *radiosa* comme le leucocyte fusiforme possède une tendance remarquable à la symétrie; celle-ci disparaît lorsque le cytoplasma se fluidifie, pour donner le type *limax* ou le « choanoleucocyte », mais une nouvelle symétrie s'établit en même temps que le « gradient de métabolisme » de la cellule entière (compris dans le sens que Hyman a donné à cette conception de Child).

CYTOLOGIE. — *Les œnocytes de* Culex annulatus *et l'étude de leur chondriome au cours de la sécrétion.* Note (²) de M. C. **Hosselet**, présentée par M. F. Mesnil.

Le rôle physiologique des œnocytes des Insectes est envisagé par les différents auteurs sous des aspects contradictoires : accumulateurs de cristaux de cire utilisée pendant la métamorphose pour Hollande, ils sont considérés comme régulateurs des conditions physico-chimiques du milieu intérieur des Insectes par Poisson. J'ai recherché si l'évolution des œnocytes pendant la nymphose chez *Culex annulatus* présentait quelque rapport avec les phénomènes de la métamorphose.

Dans la larve âgée, les œnocytes se trouvent sous forme d'éléments de dimensions très différentes, pouvant varier du simple au quintuple; on peut en distinguer deux sortes :

a. Les plus petits mesurent de 15 à 25^{μ}; ils sont toujours situés sur la face ventrale et les parties latérales des segments abdominaux. On les trouve soit à l'état isolé dans le tissu adipeux, entre les muscles, soit en groupes ou en nappes, formant une véritable bordure à la partie interne du tissu adipeux et ils s'étendent parfois le long des tubes de Malpighi. Il peut se pro-

(¹) Dehorne, *Sur les expansions pétaloïdes des leucocytes des Chétopodes, etc.* (*Comptes rendus*, t. 180, 1925, p. 333).

(²) Présentée à la séance du 26 janvier 1925.

duire une avancée d'une nappe d'œnocytes dans le dernier somite thoracique; mais, en fait, les petits œnocytes, comme d'ailleurs les grands décrits ci-après, sont cantonnés exclusivement dans l'abdomen.

b. Une deuxième catégorie comprend des œnocytes de très grande taille (50 à 60^{μ}) à disposition particulière : ils forment un groupe de cinq éléments de chaque côté de la partie postérieure des somites abdominaux, où, en se comprimant, ils donnent l'impression trompeuse d'une glande cutanée.

Chez la nymphe, la répartition et les dimensions des œnocytes de la première catégorie sont à peu près identiques. Cependant on observe, aux premières heures de la nymphose, une série d'œnocytes disposés dans le bourgeon alaire, vraisemblablement entraînés par la croissance des trachées. Les œnocytes de grande taille se retrouvent avec de plus fortes dimensions, toujours en même nombre et dans la même position. Mais chez l'imago, le nombre des petits œnocytes est très réduit, ils sont dans le tissu adipeux à l'état isolé, et les groupes et nappes des périodes larvaire et nymphale ont disparu, ainsi que les amas métamériques de cinq grands éléments.

Tous ces œnocytes sont des cellules sécrétantes. Dans les larves très jeunes (3^{mm}), les grands œnocytes contiennent un chondriome abondant, donnant des figures remarquablement nettes et qui est alors uniquement constitué par des chondriocontes; plus tard seulement le chondriome s'y présente sous la forme de mitochondries. *Le chondrioconte est donc ici la forme jeune fondamentale*. Au début du cycle sécrétoire, les petits œnocytes ont une structure analogue, mais leur évolution est beaucoup plus rapide et l'on y observe presque toujours, outre les chondriocontes nombreux, quelques mitochondries souvent groupées par deux. Les chondriocontes, épais, légèrement flexueux, sont parfois renflés en massue à l'une de leurs extrémités; l'œnocyte ne contient alors aucune vacuole.

A un stade plus avancé, l'extrémité renflée est devenue une vésicule à contenu clair, avec l'aspect classique en raquette. Quelques vésicules libres, vraisemblablement détachées du chondrioconte, sont encore entourées de l'anneau sidérophile; d'autres, sans doute plus âgées, en sont dépourvues. Enfin, d'autres chondriocontes prennent un aspect moniliforme et finissent par se résoudre en mitochondries. Ces dernières évoluent d'abord en petits plastes sphériques, puis constituent des vésicules qu'il devient impossible de distinguer de celles formées directement par les chondriocontes.

Peu à peu, le phénomène sécrétoire s'accentue, toutes les vésicules sont disposées en séries linéaires sur l'emplacement des chondriosomes élabora-

teurs, leur aspect rappelle celui qu'a figuré Prenant [1] pour les œnocytes de l'abeille. Les vésicules ainsi multipliées viennent au contact, sans cependant se fusionner véritablement; on peut toujours distinguer un léger réseau dont les mailles sont les limites de vésicules primitives. A ce moment, il ne persiste que quelques mitochondries isolées : *le chondriome disparaît donc au fur et à mesure du développement de la sécrétion.*

A ce stade, l'œnocyte déverse son contenu dans la cavité générale, puis dégénère. Les quelques petits œnocytes qui subsistent chez l'adulte présentent parfois un chondriome à formes évolutives, et ne paraissant plus aboutir que rarement à la formation de vésicules. Ce rôle sécrétoire peu intense semble bien en rapport avec le fait que le métabolisme est désormais principalement d'ordre sexuel.

Les fixations mitochondriales non osmiquées ne conservent pas le contenu des vésicules. Mais une imprégnation à l'acide osmique, prolongée et postérieure à une fixation osmiquée, lui donne une très légère teinte grisâtre : il s'agit vraisemblablement de lipoïdes très labiles.

En résumé, chez *Culex annulatus*, les œnocytes fonctionnent en glandes holocrines dont l'activité, intense à la fin de la période larvaire, atteint son maximum pendant la nymphose pour décroître ensuite et même disparaître chez l'imago. Chez les petits œnocytes, la sécrétion est un phénomène continu, c'est-à-dire qu'à tous les stades du développement de la larve et de la nymphe, on trouve des éléments arrivés au terme de leur élaboration et ayant rejeté leur contenu. Celui-ci aurait donc un rôle en rapport avec le métabolisme dans le développement prémétamorphique de l'individu. Quant aux gros œnocytes, leur cycle sécrétoire ne diffère de celui des précédents que par la lenteur de l'accumulation des produits sécrétés, qui ne sont déversés qu'au cours de la nymphose. Ce fait et leur disparition complète chez l'imago montrent que leur rôle est limité aux phénomènes de la métamorphose.

Dans les deux formes d'œnocytes, le chondriome est primitivement à l'état de chondriocontes; ceux-ci fournissent la sécrétion, soit par la production de vésicules, soit après s'être transformés en mitochondries. Le chondriome disparaît au cours de la sécrétion.

---

[1] M. PRENANT, *Études histologiques sur les peroxydases animales*, (*Archives de Morphologie générale et expérimentale*, Paris, 1924, fasc. 21, p. 64).

MÉDECINE. — *Mode d'action du bismuth dans la syphilis.*
Note [1] de MM. C. LEVADITI et A. GIRARD, présentée par M. E. Roux.

Dans une Note antérieure [2], Levaditi, Nicolau, Mlles Salgue et Schoen, ont montré que la destruction du tréponème au niveau du chancre chez les lapins traités par le tartro-bismuthate alcalin (Trépol) s'opère en présence de quantités de Bi-métal infiniment petites, si petites même qu'elles étaient impossibles à déceler par les procédés chimiques utilisés alors (dosage du bismuth à l'état d'oxyde). Depuis, l'un de nous (Girard) a découvert une méthode quantitative capable de mettre nettement en évidence *un microgramme* ($\frac{1}{1000}$ de milligramme) de bismuth présent dans les tissus ou les humeurs. Voici les résultats qu'elle nous a fournis, au sujet du mécanisme qui préside à la destruction du spirochète au niveau des accidents spécifiques.

EXPÉRIENCE. — 1° *Lapin* 81 B, P = 2250g. — Porteur de deux gros chancres syphilitiques du scrotum (virus Truffi) est traité par 0g,1 de Trépol par kilogramme (injection intramusculaire). Le *quatrième jour*, les tréponèmes ont disparu, les syphilomes ont diminué de volume. L'animal est sacrifié.

2° *Lapin* 91 B, P = 2850g. — Porteur, lui aussi, de deux gros chancres du scrotum. Même traitement, même effet; l'animal est sacrifié le *sixième jour*.

Le muscle injecté, plusieurs organes, ainsi que les chancres, sont examinés histologiquement et chimiquement.

Examen histologique. — La méthode histo-chimique [3] révèle la présence du bismuth dans le muscle injecté; nulle part ailleurs le métal n'est décelé par cette méthode. Au niveau du muscle, le processus diapédétique est intense; il s'accompagne de phénomènes réactionnels (production de fibroblastes et de cellules géantes) et de nécrose de myofibrilles. Aucun organe n'est lésé.

---

(1) Séance du 26 janvier 1925.

(2) LEVADITI, NICOLAU, Mlles SALGUE et SCHOEN, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 939.

(3) Méthode de Levaditi, Nicolau et Mlle Schoen, (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 939).

Analyse quantitative. — *Teneur en Bi, calculée par gramme de matière sèche.*

	Bi (en microgrammes).						Bi (en mg).
	Poumon.	Rate.	Foie.	Testicule droit.	Test. gauche.	Rein.	Muscle injecté.
Lapin 81 B (sacr. le 4e jour)	30γ	48γ	4γ	-	3γ	44γ	17mg,5
Lapin 91 B (sacr. le 6e jour)	16γ	6γ	2γ	2γ	<2γ	24γ	8mg,0

Bi dans le chancre :

	Lapin 81 B		Lapin 91 B	
	par gr. de mat. sèche.	pour la totalité du chancre.	par gr. de mat. sèche.	pour la totalité du chancre.
Chancre droit.........	4γ,5	2γ	5γ,8	2γ
Chancre gauche........	10γ,0	2γ	4γ,3	±1γ

Ces chiffres montrent : 1° que la teneur bismuthique des organes examinés est plus forte chez le lapin sacrifié le quatrième jour que chez l'animal ayant survécu deux jours de plus; 2° que le *rein*, organe d'élimination mis à part, le poumon et la rate sont, parmi les tissus soumis à l'analyse, ceux qui renferment le plus de métal; 3° que *les syphilomes contiennent des quantités infinitésimales de bismuth.*

Ainsi, la destruction des tréponèmes au niveau du chancre, chez le lapin, s'opère en présence de quantités de Bi qui varient entre 1γ et 2γ pour la totalité du syphilome, soit entre 4γ et 10γ par gramme de matière sèche. Ces quantités dépassent à peine celles que l'analyse révèle dans certains tissus indifférents, tels que le foie ou le testicule. Il en résulte que *la lyse du spirochète n'exige que des traces infinitésimales de métal, aucune accumulation bismuthique ne s'effectuant au lieu même où cette lyse évolue.* La destruction du parasite sous l'influence du Bi nous apparaît comme un processus lytique, où des traces de métal semblent remplir le rôle d'un catalyseur, par rapport aux principes spirochéticides que l'organisme infecté élabore à un moment donné. On sait en effet que la plupart des accidents spécifiques finissent par se cicatriser d'eux-mêmes, à la longue, les tréponèmes conservant leur vitalité aussi longtemps que persiste la lésion. Or des quantités minimes de Hg, d'As et de Bi, ou même de vanadium, accélèrent dans des proportions considérables cette lyse lente et progressive des parasites. L'analogie avec certains processus diastasiques, que des traces

de catalyseurs métalliques ou autres amplifient, devient ainsi des plus frappantes [1].

La séance est levée à 16h.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 26 janvier 1925.)

Note de MM. *Marcel Godchot* et *Pierre Bedos*, Sur la chloruration de la para-méthylcyclohexanone :

Page 296, ligne 25, *au lieu de* qui ne peut exister, *lire* qui peut n'exister.

---

(1) Le principe protéobismuthique (Bismoxyl) agissant au niveau du syphilome, semble utilisé au fur et à mesure de sa formation. En effet un extrait de chancre qui vient d'être stérilisé par le Bi (en injection musculaire) est incapable de détruire d'autres tréponèmes ou des *Spirillum gallinarum* (Levaditi et Nicolau).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 FÉVRIER 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard** dépose sur le bureau de l'Académie le fascicule relatif au Cinquantenaire de la Société mathématique de France, qui a été célébré les 23 et 24 mai derniers. La séance du 24 mai a eu lieu dans le grand Amphithéâtre de la Sorbonne sous la présidence de M. Raymond Poincaré. On trouvera dans cette brochure les discours prononcés par MM. Émile Picard, de la Vallée Poussin, Lecornu, d'Ocagne, Émile Borel, Bertrand de Fontviolant et Raymond Poincaré.

PHYSIOLOGIE. — *Viande cuite et viande crue dans l'alimentation des poissons.* Note de MM. **Charles Richet**, **M. Öxner** et **J. Richard**.

Il a été démontré par l'un de nous que chez les animaux carnivores, notamment le chien, la vie ne peut se prolonger quand l'alimentation est uniquement de la viande cuite, tandis qu'avec la viande crue, aliment unique, la santé et la robustesse des animaux sont admirables.

Il nous a paru intéressant de rechercher si sur les poissons on retrouverait cette même loi.

A l'Institut Océanographique de Monaco, nous avons fait cette étude, mais elle a présenté des difficultés imprévues.

Des poissons d'assez grande taille, dépassant 500^g, ne peuvent vivre que dans des bacs très larges. Et alors, comme il s'agit de les peser tous les dix jours, on s'expose, chaque fois qu'on les prend pour la pesée, à les fatiguer ou à les blesser. Il convient donc d'opérer sur des poissons relativement

petits. Mais, comme l'expérience doit durer plusieurs mois, il faut des animaux robustes qui supportent bien la captivité et ne sont pas trop exposés aux épidémies et aux maladies. De fait, à peu près la seule espèce qui vive très bien en captivité et pendant longtemps, c'est le Tanude [1] (*Cantharus griseus*, Cuv.).

Notre expérience a porté sur six Tanudes, dont trois étaient nourris de viande crue (de poisson), et trois de la même viande, mais cuite, c'est-à-dire soumise à une ébullition prolongée. Que la viande soit cuite ou crue, les Tanudes la prennent avec la même avidité. Mais, quand elle est cuite, surtout à partir de la cinquième ou la sixième semaine, les Tanudes la rejettent en partie, après l'avoir tout d'abord avalée.

Les pesées ont été faites tous les dix jours avec soin. Toutes précautions ont été prises pour que les animaux ne soient ni fatigués, ni blessés. L'erreur maximale de la pesée est inférieure à $0^g,5$.

Le tableau suivant indique la marche des poids de dix jours en dix jours à partir du 2 octobre 1924 chez des Tanudes jeunes, par conséquent en voie de croissance.

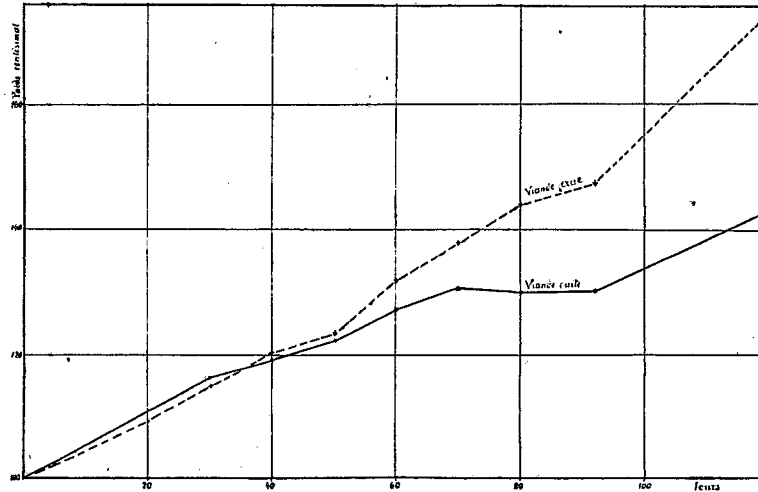
	Poids absolu en grammes.		Poids centésimal.	
	Viande crue.	Viande cuite.	Viande crue.	Viande cuite.
2 octobre 1924....	114	100	100	100
11 » »	124	111	109	111
21 » »	132	116	115	116
31 » »	137	119	120	119
10 novemb. »	141	122	123	122
20 » »	153	127	134	127
30 » »	158	131	138	131
10 décemb. »	165	131	144	130
20 » »	168	130	147	130
9 janvier 1925....	175	138?	154	138?
20 » »	191	143	174	143

On remarquera (ce qui se voit très nettement sur le graphique ci-contre) que la différence de croît ne s'observe que vers le 50e jour, alors que sur les chiens, animaux à sang chaud et à métabolisme plus rapide, c'est vers le 15e jour que la différenciation s'établit.

Ainsi il est avéré que les Carnivores hétérothermes se comportent comme

[1] A l'aquarium du Musée Océanographique, de jeunes Tanudes, de $0^m,03$ de longueur, ont atteint en 14 ans la longueur de $0^m,45$.

les Carnivores homéothermes. Par la cuisson de la viande, on a donc, soit détruit des vitamines (nécessaires ou utiles), soit disloqué certaines matières



albuminoïdes musculaires, de manière à les rendre moins facilement assimilables ([1]).

PATHOLOGIE. — *Sur la pathogénie et les conditions d'entretien de la colibacillurie.* Note de M. **H. Vincent.**

Dans une précédente Note ([2]), j'ai montré que l'élimination urinaire du *B. coli communis* reconnaît une origine sanguine. Elle succède à une septicémie tantôt bruyante, tantôt latente, laissant après elle une infection rénale et vésicale, avec ou sans pyurie. La colibacillose urinaire peut persister parfois pendant de très nombreuses années.

Il existe donc un contraste remarquable entre l'état d'immunité générale qui suit la guérison des accidents infectieux initiaux et la réceptivité locale et persistante de l'appareil réno-vésical pour le *B. coli.* Certains départements de l'organisme sont donc exclus de la protection assurée aux autres

---

([1]) Il faut rapprocher cette expérience de celle de Henry Cardot (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1240) qui a vu sur la Limace agreste (*Agriolimax agrestis*) que l'alimentation cuite végétale était moins favorable que cette même alimentation crue, au point de vue de la croissance comme au point de vue de la ponte.

([2]) H. Vincent, *Comptes rendus*, t. 180, 1925, p. 239.

organes. Le sang, primitivement infecté, s'est débarrassé du microbe pathogène. Mais celui-ci a élu domicile avec prédilection dans la substance du rein, dans les calices et les bassinets, enfin dans la vessie ([1]), et l'expérience clinique montre qu'il est fort difficile de l'en faire disparaître. Cette persistance est d'autant plus anormale, en apparence, que la multiplication continue et abondante du *B. coli* dans le rein, avec production fréquente de petits abcès, devrait produire les effets d'une véritable vaccination.

La pathogénie de cette complication infectieuse présente donc quelque intérêt. Je me suis proposé de l'étudier expérimentalement.

Par l'inoculation répétée de culture de *B. coli communis* d'abord tué, puis vivant, on confère aux lapins une immunité très forte contre ce microbe. Dans ces conditions, le titrage du pouvoir bactéricide de leur sérum montre que celui-ci s'exerce aux dilutions de $\frac{1}{500}$ à $\frac{1}{1000}$ et même plus. Les bacilles examinés au microscope sont lysés. Enfin, la réaction de fixation est positive à un taux variable suivant l'animal, mais qui a été trouvé compris entre $\frac{1}{600}$ et $\frac{1}{4000}$. Le sang des animaux immunisés est donc très riche en anticorps.

Or leur urine ne possède pas la même propriété. Lorsqu'on ensemence, en effet, le *B. coli* d'une part, dans l'urine neutralisée du lapin ainsi immunisé, d'autre part, dans la même urine soumise à l'ébullition afin d'y détruire les anticorps s'il en existait, on voit que le microbe s'y multiplie d'une manière semblable.

Dans l'hypothèse où la sensibilisatrice existerait dans l'urine des animaux immunisés, mais où le complément en serait absent, on a ajouté de l'alexine à l'urine chauffée à 56°. Or, non seulement cette urine n'a montré aucune propriété bactéricide, mais encore le *B. coli* y a poussé plus abondamment. Il y avait eu enrichissement du milieu. La recherche de la sensibilisatrice dans les mêmes urines en a montré des traces pendant les six ou sept jours qui suivent la dernière injection vaccinante ([2]). Mais la proportion en est 60 à 400 fois plus faible que dans le sang. Après une semaine l'anticorps est absent.

Le titre minime, puis la disparition de la sensibilisatrice dans l'urine des lapins immunisés ne sont pas davantage dus à l'existence d'une antisensibi-

---

([1]) La vésicule biliaire présente la même particularité à l'égard du *B. coli*.

([2]) L'urine du lapin, étant alcaline, est faiblement hémolytique. Mais ce pouvoir n'est plus appréciable en une heure et à 38° aux taux de dilution de $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$ que j'ai employés.

lisatrice. En effet, si l'on mélange à des dilutions différentes et en proportions variables, cette urine à un sérum (chauffé à 56°) qui dévie le complément à $\frac{1}{600}$, et qu'on porte le tout à l'étuve pour permettre à l'antisensibilisatrice d'agir, si elle est présente, on constate que le pouvoir fixateur de ce mélange n'est pas inférieur à celui du même sérum dilué dans la même proportion avec de l'eau physiologique.

Chez les animaux immunisés activement contre le *B. coli communis*, l'anticorps spécifique ne subit donc, dans l'urine, qu'un court passage pendant lequel il n'existe qu'en proportion minime. On s'explique, dès lors, pourquoi le bacille peut persister dans l'urine qui lui sert de milieu nutritif et pourquoi la vaccinothérapie ne donne pas, le plus souvent, chez les malades atteints de colibacillose urinaire ancienne, de résultat appréciable. Elle n'amène, ainsi que je l'ai constaté par la numération des bacilles, qu'une diminution fugace et nullement constante du nombre des colibacilles dans l'urine [1]. Lorsqu'elle se produit, cette diminution passagère répond, peut-être, à la courte phase signalée ci-dessus, pendant laquelle des traces de sensibilisatrice peuvent être vérifiées dans l'urine.

Les poussées fébriles qu'on observe souvent dans la colibacillurie, notamment à la suite de fatigues [2], résultent soit d'une brève infection partie du rein malade et due au *B. coli* déversé dans le sang, soit de la formation d'abcès miliaires. Elles coïncident avec une augmentation du nombre des bacilles dans l'urine suivie, parfois, de leur diminution temporaire.

MINÉRALOGIE. — *Au sujet d'une récente Communication relative aux acides gras.* Note de M. G. **Friedel**.

M. J.-J. Trillat [3] confirme des résultats de Muller et Shearer relativement aux acides gras. Ces corps, ainsi qu'il ressort d'ailleurs du simple examen microscopique, sont cristallisés. Tout ce qu'ils ont de particulier,

---

(1) Par exemple, le nombre des bacilles peut descendre de 600000 à 20000 par centimètre cube. Mais il revient quelques jours après à son taux antérieur.

(2) J'ai démontré (*Société de Biologie*, t. 81, 1918, p. 379) que la fatigue aiguë s'accompagne expérimentalement d'une diminution parfois considérable du pouvoir alexique du sérum.

(3) *Comptes rendus*, t. 180, 1925, p. 280.

c'est qu'un de leurs plans réticulaires possède un espacement beaucoup plus grand que les autres.

Mais la phrase initiale de la Note de M. Trillat me met en cause, et donnerait à croire que j'ai attribué à ces corps la structure *smectique*. L'emploi qui est fait, dans cette Note, du mot smectique tend aussi à établir une confusion que je crois nécessaire de rectifier.

J'ai proposé le nom d'état smectique pour désigner un état de la matière, *très différent de l'état cristallisé*, et qui est un des deux états mésomorphes. A cet état correspond une structure spéciale, caractérisée par l'existence *d'une direction unique de surfaces équidistantes*, les molécules étant, dans chacune de ces surfaces, disposées sans ordre, comme elles le sont pour toutes les directions dans les corps amorphes. Je n'ai jamais, comme paraît le croire M. Trillat, attribué cet état ni cette structure aux acides gras. Tous ceux que j'ai pu examiner, notamment l'acide palmitique qu'étudie M. Trillat, sont cristallisés à la température ordinaire et passent, par élévation de la température, à l'état amorphe sans montrer aucun des deux états mésomorphes. Il n'est nul besoin de rayons X pour s'en assurer : un coup d'œil au microscope suffit. Les acides gras n'ont rien de smectique.

M. Trillat, tout en pensant faire usage de ma nomenclature, emploie le mot smectique dans un sens tout différent. Il appelle structure smectique la disposition d'un corps *cristallisé* dont le plan de plus grande équidistance se place parallèlement au support sur lequel le corps repose. De sorte que des paillettes de graphite ou de mica posées sur un support plan fourniraient le type de la structure smectique. Je crois ce changement d'acception inutile et regrettable. Je tiens en tout cas à dire que je ne suis pour rien dans cette définition que M. Trillat m'attribue.

Il n'est d'ailleurs pas exact que les radiogrammes des corps smectiques, tels que les savons par exemple, soient semblables à ceux des corps cristallisés montrant une équidistance très dominante, tels que les acides gras par exemple. Que ces radiogrammes *se ressemblent*, comme le dit M. Trillat, cela est vrai, mais à la condition que l'on ne porte pas son attention sur ce qui les distingue entre eux. Ils se ressemblent en ce que tous deux montrent un système d'anneaux très serrés, répondant à l'existence d'un système de plans à très grand espacement. Mais pour les corps cristallisés, à ce système d'anneaux nets, précis, s'ajoutent de multiples systèmes d'anneaux nets, de plus grand diamètre, correspondant à de multiples systèmes de plans réticulaires moins espacés. Pour les corps smectiques, il n'y a rien de semblable ; le système d'anneaux serrés est le seul; il s'y ajoute seulement un anneau

unique, excessivement flou dans toutes les conditions d'expérience, et qui correspond très probablement à l'espacement moyen des molécules dans le plan à espacement régulier.

Au surplus, si l'étude au moyen des rayons X est venue confirmer la structure prévue pour les corps smectiques, il ne faut pas oublier que l'on a des moyens plus simples et plus immédiats de distinguer un corps smectique d'un corps cristallisé. Il est singulier de discuter de la structure des corps smectiques en choisissant pour exemple des corps qui, vus sous le microscope, se montrent de toute évidence cristallisés et n'ont aucun rapport avec l'état smectique.

M. ÉMILE BOREL s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de deux fascicules de mon *Traité du Calcul des probabilités et de ses applications*, qui doit comprendre 18 fascicules répartis en 4 volumes.

Il m'a semblé que le moment était venu de chercher à rassembler en un Traité les résultats essentiels acquis à la science dans le domaine du Calcul des probabilités et de ses applications diverses. J'ose espérer que, malgré les difficultés de cette tâche et l'imperfection de sa réalisation, il n'aura pas été inutile de rassembler ainsi des matières le plus souvent dispersées dans des ouvrages qui s'adressent à des publics différents. Malgré leur diversité, en effet, toutes les applications du Calcul des probabilités ont entre elles des analogies étroites; ceux qui s'intéressent spécialement à certaines de ces applications ont intérêt à étudier les méthodes employées dans d'autres applications; tous doivent connaître les recherches théoriques et, de leur côté, les théoriciens ne doivent pas ignorer les applications de leurs travaux. En un mot, il convient de mettre en évidence, par la publication d'un Traité, l'unité et l'importance du Calcul des probabilités, comme on l'a fait depuis longtemps pour d'autres disciplines et notamment pour la Mécanique.

Le Traité comprendra quatre volumes consacrés, le premier, aux principes de la théorie, le second, aux applications aux sciences mathématiques et physiques, le troisième, aux applications aux sciences économiques et biologiques, le quatrième, aux applications diverses.

Je présente aujourd'hui le fascicule 1 du Tome I, *Principes et formules classiques du Calcul des probabilités*, rédigé par M. RENÉ LAGRANGE d'après mon cours de la Faculté des sciences de Paris, et le fascicule 3 du Tome II, *Mécanique statistique classique*, rédigé par M. FRANCIS PERRIN, également

d'après un de mes cours. J'ai présenté antérieurement le fascicule 1 du Tome III, *Assurances sur la vie, calcul des primes*, par M. Henri Galbrun. J'espère, avec la collaboration de plusieurs savants et étrangers, mener à bien en quatre ou cinq ans l'achèvement de ce Traité.

M. de Sparre fait hommage à l'Académie d'un Mémoire *Sur le Calcul du temps et de la dérivation dans les grandes trajectoires des projectiles.*

Le Mémoire dont j'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie complète celui que je lui ai précédemment offert.

J'y montre que le calcul de la partie de la dérivation due au mouvement du projectile autour de son centre de gravité ne dépend que d'un seul coefficient et comment, si sa détermination théorique paraît assez incertaine, on pourrait arriver assez simplement à le connaître par l'expérience. Je fais voir de plus l'avantage d'adopter pour la rotation du projectile un sens de rotation donnant une déviation vers la gauche, celle due à la rotation de la Terre, qui n'est pas négligeable dans le cas actuel, atténuant alors très notablement la première.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts invite l'Académie à lui désigner un des membres de la section d'économie rurale qui remplacera, dans la deuxième section de la Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques, M. *L. Maquenne*, décédé.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Électricité atmosphérique*, par B. Chauveau. Fascicule 1 : *Introduction historique*. Fascicule 2 : *Le champ électrique et l'atmosphère*. Fascicule 3 : *Généralités sur les ions, l'ionisation et la radioactivité. La conductibilité et l'ionisation de l'atmosphère*.

2° *Faune de France*. 8. *Diptères : Tipulidæ*, par C. Pierre (Préface de M. Villeneuve). (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° *Rapport sur les études de quelques sources thermales de Madagascar, la station thermale et climatique d'Antsirabe*, par MM. CHARLES MOUREU, AD. LEPAPE, H. MOUREU, MONNIER, COLIN et FOUCQUE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet généralisé; équations non linéaires à m variables*. Note de M. GEORGES GIRAUD.

Considérons une équation, vérifiée pour $u = 0$,

$$(1)\quad \mathcal{F}(u) = \mathrm{F}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2}, \frac{\partial^2 u}{\partial x_1\,\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial^2 u}{\partial x_m^2}; \frac{\partial u}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial u}{\partial x_m}; u; x_1, x_2, \ldots, x_m\right) = 0,$$

de type elliptique, F étant analytique. Pour obtenir les inégalités, relatives aux équations linéaires, nécessaires pour prouver la convergence des approximations successives décrites dans mes précédentes Notes ([1]), il est commode de se servir d'une méthode due à M. E.-E. Lévi ([2]). Il n'est alors plus nécessaire de distinguer le cas où m est pair de celui où m est impair, et le domaine D, où l'on fait les approximations successives, peut être de forme absolument quelconque, même à plusieurs contours. Cependant, comme il faut que les approximations successives soient prolongeables analytiquement au delà des contours, ceux-ci doivent être régulièrement analytiques, ainsi que les données.

On a à résoudre des équations de Fredholm et, pour le succès de la démonstration, les domaines auxquels s'appliquent ces équations de Fredholm sont, les uns, des domaines à m dimensions de l'*espace complexe*, ayant pour frontière des multiplicités réelles *ou imaginaires* à $m - 1$ dimensions, et les autres, des multiplicités fermées, réelles ou imaginaires, à $m - 1$ dimensions. Finalement, on trouve que la solution du problème de Dirichlet, à laquelle on parvient pour l'équation (1), est analytique même sur le contour de D.

Mais D doit encore être assez petit dans toutes ses dimensions, ou au moins, si F'_u est *négatif*, la forme quadratique, correspondant aux termes du premier ordre par rapport aux dérivées secondes, étant *positive*, D doit avoir une mesure assez petite. D'autre part la convergence n'a lieu que si

---

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 543; t. 174, 1922, p. 853; la formation de la fonction de Green dans cette dernière Note est erronée.

(2) Voir le résumé de cette méthode par J. HADAMARD, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 149.

les valeurs données sur la frontière sont assez voisines de zéro. Il est nécessaire de s'affranchir de ces restrictions.

Si F est seulement supposé *indéfiniment dérivable*, on démontre que *toute solution* U *de* (1), *continue ainsi que ses dérivées jusqu'au troisième ordre dans une région* D, *est indéfiniment dérivable*. Si (1) est linéaire par rapport aux dérivées secondes, il suffit de supposer l'existence et la continuité des dérivées secondes de U; si, *de plus*, les coefficients des dérivées secondes, dans (1), ne dépendent pas des dérivées premières, on peut remplacer (1) par une équation intégro-différentielle où n'apparaissent pas les dérivées secondes, et alors il suffit de supposer l'existence et la continuité des dérivées premières. La démonstration est le développement et la généralisation d'une méthode rapidement indiquée par M. Gevrey (¹). Elle permet de limiter effectivement les dérivées de U de n'importe quel ordre, à l'aide des limitations de U et de ses dérivées des trois premiers ordres; mais cette limitation est compliquée.

Si maintenant F est analytique, *toute solution* U, *continue dans* D *ainsi que ses dérivées jusqu'au troisième ordre*, *est analytique dans* D. La démonstration s'appuie à la fois sur la précédente et sur des approximations successives analogues à celles du problème de Dirichlet. Soit u_0 une solution analytique, telle que $U - u_0$ soit nul en O (O étant situé dans D), ainsi que toutes ses dérivées jusqu'à un certain ordre (la démonstration réussit en allant jusqu'à l'ordre quatre). Soient R un rayon suffisamment petit, q un nombre positif fixe inférieur à un, et soit S_n une hypersphère de centre O et de rayon

$$R_n = R_{n-1}(1 - q^n) \qquad (R_0 = R),$$

et dont nous désignerons l'intérieur par D_n. L'approximation u_n est définie dans D_n, et coïncide sur S_n avec U (excepté u_0). Pour avoir u_{n+1}, connaissant u_n, on considère dans D_{n+1} l'équation

$$\Sigma_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta} \frac{\partial^2 h_n}{\partial x_\alpha \, \partial x_\beta} + 2 \Sigma_\alpha b_\alpha \frac{\partial h_n}{\partial x_\alpha} + c h_n = - \mathcal{F}(u_n),$$

où les $a_{\alpha,\beta}$, b_α, c, sont des dérivées ou demi-dérivées partielles de F *calculées pour* $u = u_n$; h_n doit prendre sur S_{n+1} les mêmes valeurs que $U - u_n$, et l'on pose

$$u_{n+1} = u_n + h_n, \qquad k_n = U - u_n.$$

(¹) Maurice Gevrey, *Ann. scient. École Normale sup.*, t. 35, 1918, note de la page 155.

On constate alors qu'on peut limiter k_{n+1} et ses dérivées jusqu'au quatrième ordre à l'aide des limitations de k_n et de ses dérivées jusqu'au quatrième ordre, et que les approximations convergent uniformément, si R est assez petit, dans l'intérieur de l'hypersphère S_∞ de rayon

$$R_\infty = R\Pi(1 - q^n).$$

De plus, les u_n, *qui sont des fonctions analytiques*, convergent *uniformément* dans un domaine complexe à $2m$ dimensions, comprenant D_∞. Le théorème en résulte.

Toute solution U, *analytique d'un côté d'une surface analytique* S, *continue sur* S *ainsi que ses dérivées jusqu'au troisième ordre, et prenant sur* S *des valeurs analytiques, est prolongeable analytiquement au delà de* S. La démonstration ressemble à la précédente. On prend pour S la surface

$$x_m = 0.$$

Les hypersphères sont remplacées par des domaines limités par S et par

$$\left[(R^2 x_m)^{\frac{1}{3}} - \frac{R}{2}\right]^2 + \Sigma_1^{m-1} x_\alpha^2 = \frac{5R^2}{4} \qquad (x_m > 0),$$

de manière à éviter certaines discontinuités de dérivées qui empêcheraient d'appliquer la méthode de Fredholm. On fait varier R comme pour le théorème précédent, et on utilise le prolongement analytique des u_n au-delà de S, comme pour le problème de Dirichlet.

Si l'on se borne au cas où $F'_u < 0$, cas où l'on peut appliquer à la formation des approximations successives la méthode alternée de Schwarz (en ayant soin de prendre des domaines à plusieurs contours, de manière que les contours de deux régions empiétant l'une sur l'autre ne se rencontrent pas; ceci, si l'on ne veut pas étudier le cas où les valeurs données sur la frontière de S seraient discontinues), on parvient au théorème suivant :

Pour que le problème de Dirichlet soit toujours possible dans D, *il est nécessaire et suffisant que l'on puisse limiter dans* D *les dérivées jusqu'au troisième ordre de toute solution u de l'équation* (1), *en fonction de* R *et de* M; $MR^{-n}n!$ *étant, quel que soit n, une limite supérieure de la valeur absolue d'une dérivée d'ordre n de u par rapport aux m* − 1 *paramètres à l'aide desquels sont exprimées analytiquement les coordonnées des points de la frontière de* D.

Dans les cas indiqués plus haut, on peut se limiter au second ou au premier ordre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques applications des polynomes électrosphériques à la théorie des nombres.* Note de M. F. **Defourneaux**, présentée par M. Appell.

Dans deux Notes (¹), j'ai montré comment il était possible, pour chacune des équations

$$x^2 - Dy^2 = 1, \qquad x^2 - Dy^2 = -1,$$

d'exprimer, à l'aide de certains polynomes, toutes ses solutions en nombres entiers, en fonction de l'une d'entre elles, appelée *solution fondamentale*; et, comme conséquence, que l'on pouvait même exprimer toutes les solutions de l'une de ces équations en fonction de la solution fondamentale de l'autre.

Je me propose maintenant de traiter la même question pour l'équation

$$Mx^2 - Ny^2 = 1,$$

M et N étant des nombres entiers positifs qui ne sont pas carrés parfaits.

I. J'utilise les polynomes

$$F_n(v) = U_n(v) + U_{n-1}(v), \qquad G_n(v) = U_n(v) - U_{n-1}(v),$$

$U_n(v)$ désignant un polynome électrosphérique (²).

Ces polynomes satisfont à la même loi de récurrence que les polynomes U :

$$F_{n+1} = vF_n - F_{n-1}, \qquad G_{n+1} = vG_n - G_{n-1}.$$

De plus, la relation

$$F_n(-v) = (-1)^n G_n(v)$$

permet, dans leur étude, de se borner au cas de v positif. Les identités

$$F_{-n}(v) = -F_{n-1}(v) \qquad \text{et} \qquad G_{-n}(v) = G_{n-1}(v)$$

montrent que les polynomes F et G d'indices négatifs ne diffèrent pas de ceux d'indices positifs. Ils satisfont à des relations simples telles que

$$F_n^2(v) + vF_n(v)F_{n-1}(v) + F_{n-1}^2(v) = 2 + v;$$

$$G_n^2(v) - vG_n(v)G_{n-1}(v) + G_{n-1}^2(v) = 2 - v;$$

$$(1) \qquad (v+2)G_n^2(v) - (v-2)F_n^2(v) = 4,$$

(¹) Defourneaux, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 880, et t. 176, 1923, p. 649.

(²) A. Guillet et M. Aubert, *Annales de Physique*, 9ᵉ série, t. 9, 1918, p. 58.

qui mettent en évidence les solutions en nombres entiers de quelques équations de la forme

$$ax^2 + bxy + cy^2 = m.$$

Leurs équations différentielles sont :

$$(\rho^2 - 4)\,F''_n(\rho) + 2(\rho + 1)\,F'_n(\rho) - n(n+1)\,F_n(\rho) = 0,$$
$$(\rho^2 - 4)\,G''_n(\rho) + 2(\rho - 1)\,G'_n(\rho) - n(n+1)\,G_n(\rho) = 0.$$

Le changement de variable $\rho = 4x - 2$ ramène ces équations à celle de Gauss.

II. On établit facilement, de proche en proche, l'identité

$$(2)\qquad \left(\frac{\sqrt{\rho+2} + \sqrt{\rho-2}}{2}\right)^{2n+1} \equiv \frac{\sqrt{\rho+2}\,G_n(\rho) + \sqrt{\rho-2}\,F_n(\rho)}{2},$$

d'où résulte d'ailleurs l'identité (1).

Si l'on tient compte de ce que

$$\left(\frac{\sqrt{\rho+2} + \sqrt{\rho-2}}{2}\right)^2 = \frac{\rho}{2} + \sqrt{\frac{\rho^2}{4} - 1},$$

grâce à l'emploi des polynomes U et H ([1]), on peut écrire

$$(3)\qquad \left(\frac{\sqrt{\rho+2} + \sqrt{\rho-2}}{2}\right)^{2n} \equiv \frac{H_n(\rho)}{2} + U_{n-1}(\rho)\sqrt{\frac{\rho^2}{4} - 1}.$$

Soit maintenant l'équation $Mx^2 - Ny^2 = 1$, supposée résoluble en nombres entiers et admettant (α'', β'') comme solution fondamentale, c'est-à-dire celle qui est formée des plus petits entiers positifs.

On a

$$M\alpha''^2 - N\beta''^2 = 1.$$

Je pose

$$\rho = 4M\alpha''^2 - 2 = 4N\beta''^2 + 2$$

et, par suite,

$$\rho + 2 = 4M\alpha''^2, \qquad \rho - 2 = 4N\beta''^2;$$

l'identité (2) devient

$$(\alpha''\sqrt{M} + \beta''\sqrt{N})^{2n+1} = \alpha''\,G_n(\rho)\sqrt{M} + \beta''\,F_n(\rho)\sqrt{N}.$$

Donc, toute solution positive de l'équation $Mx^2 - Ny^2 = 1$ s'écrit

$$x - \alpha''\,G_n(\rho), \qquad y = \beta''\,F_n(\rho).$$

([1]) DEFOURNEAUX, *Journal de Physique*, 5e série, t. 9, 1919, p. 165.

De même, l'identité (3) s'écrit :

$$(\alpha''\sqrt{M}+\beta''\sqrt{N})^{2n}=\frac{1}{2}H_n(\rho)+2\alpha''\beta''U_{n-1}(\rho)\sqrt{MN},$$

ce qui montre que toute solution positive de l'équation de Pell,

$$x^2-MNy^2=1,$$

s'écrit

$$x=\frac{1}{2}H_n(\rho),\qquad y=2\alpha''\beta''U_{n-1}(\rho).$$

En particulier, sa solution fondamentale est

$$\alpha=\frac{\rho}{2}=2M\alpha''^2-1,\qquad \beta=2\alpha''\beta'';$$

ceci fournit les conditions nécessaires et suffisantes de possibilité pour l'équation $Mx^2-Ny^2=1$ lorsqu'on connaît la solution fondamentale de l'équation de Pell.

III. De la même façon, on peut résoudre l'équation $Mx^2-Ny^2=2$. Il suffit de poser

$$\rho=2M\alpha_1''^2-2=2N\beta_1''^2+2,$$

d'où l'on déduit la solution générale

$$x=\alpha''_1\,G_n(\rho),\qquad y=\beta''_1\,F_n(\rho),$$

tandis que toute solution de l'équation de Pell, $x^2-MNy^2=1$, s'écrit

$$x=\frac{1}{2}H_n(\rho),\qquad y=\alpha''_1\beta''_1\,U_{n-1}(\rho),$$

sa solution fondamentale étant

$$\alpha=M\alpha_1''^2-1,\qquad \beta=\alpha''_1\beta''_1.$$

IV. Toutes ces considérations rattachent, en définitive, la résolution des équations $Mx^2-Ny^2=1$, $Mx^2-Ny^2=2$ à celle de l'équation

$$x^2-Dy^2=1,$$

D étant le produit des entiers M et N. Elles démontrent en outre, d'une autre façon, un théorème dû à Legendre et concernant ces équations ([1]).

([1]) LEGENDRE, *Théorie des nombres*, 1re Partie, p. 64 et suiv.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les espaces affines abstraits.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. J. Hadamard.

Dans une précédente Communication (¹), j'indiquais qu'un grand nombre de champs fonctionnels très importants en Analyse et de natures très diverses, possèdent le même nombre (infini) de dimensions.

L'analogie ainsi révélée entre ces différents champs nécessite, pour être exprimée, la connaissance de l'un deux. Il est naturel de chercher à exprimer cette analogie en les considérant comme des représentations concrètes et particulières d'un type d'espace à définir en termes abstraits. Une première façon d'y parvenir consiste à les décrire comme des espaces ($\mathcal{D}$) séparables (²) qui ont le plus grand nombre de dimensions parmi ceux des espaces ($\mathcal{D}$) séparables. La solution est complète, mais n'est pas très intuitive. MM. S. Banach (³) et N. Wiener (⁴) ont introduit une notion qui ouvre la voie à une seconde façon de procéder.

Ils ont montré qu'un certain nombre de champs fonctionnels importants (et en particulier les champs C, C′ Ω, Ω_1 mentionnés dans ma Communication rappelée plus haut) sont des exemples particuliers d'espaces abstraits que nous décrirons plus loin sous le nom d'espaces de Banach ou espaces ($\mathcal{D}$) vectoriels complets.

Mais M. Urysohn a montré (⁵) que d'autres espaces ayant le même nombre de dimensions que les précédents et qui jouent en Analyse un rôle aussi important, tel l'espace des fonctions entières, ne peuvent être, au moins d'une façon simple et naturelle, considérés comme des espaces de Banach. Nous nous proposons de montrer qu'on peut faire rentrer ces cas dans un type commun (plus général quoique presque aussi simple que celui des espaces de M. Banach) et nous appellerons espace ($\mathcal{D}$) affine. Il nous faudra, dans ce but, établir une distinction qui paraîtra peut être subtile et regrettable, mais qui semble nécessaire entre la « longueur » et la « distance ».

Nous définissons d'abord un *champ de vecteurs*.

C'est un système V caractérisé par un ensemble σ d'éléments (de nature quelconque) appelés *vecteurs* et par trois opérations désignées par les symboles $+$, $\cdot$, $\|\ldots\|$, liés les uns aux autres par les conditions suivantes.

Quels que soient les veeteurs ξ, η, ζ du champ σ et le nombre réel a :

1° $\xi + \eta$ est un élément du champ σ;

(¹) *Sur la notion de dimensions* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1782).

(²) Pour la signification des termes employés, voir la Note précitée.

(³) *Fundamenta Mathematicæ*, t. 3, 1922, p. 134.

(⁴) *Bull. Soc. Math. France*, t. 50, 1922, p. 123.

(⁵) *C. R. Congrès Soc. sav.*, Dijon, 1924.

2° $\xi + \eta = \eta + \xi$;
3° $\xi + (\eta + \zeta) = (\xi + \eta) + \zeta$;
4° $\xi + \eta = \xi + \zeta$ est équivalent à $\eta = \varphi$;
5° Il existe un vecteur θ du champ σ tel que $\xi + \theta = \zeta$;
6° $a.\xi$ est un élément du champ σ;
7° $a \neq 0$ et $a.\xi = a.\eta$ impliquent $\xi = \eta$;
8° $\xi \neq \theta$ et $a.\xi = b.\xi$ impliquent $a = b$;
9° $a.(\xi + \eta) = a.\xi + a.\eta$;
10° $(a + b).\xi = a.\xi + b.\xi$;
11° $1.\xi = \xi$;
12° $(ab).\xi = a.(b.\xi)$;
13° $\|\xi\|$ est un nombre réel $\geqq 0$, dit *longueur* du vecteur ξ;
14° $\|\xi\| = 0$ est équivalent à $\xi = \theta$;
15° $\|a.\xi\| = |a| \, \|\xi\|$.

Nous définissons ensuite un *espace affine abstrait*. C'est le système composé par : un ensemble F d'éléments de nature quelconque que nous appellerons *points de l'espace*, et un champ V de vecteurs associé à l'ensemble F de façon à satisfaire aux conditions suivantes :

I. Deux points A, B de l'espace considéré, pris dans un certain ordre, déterminent un vecteur ξ du champ V. On représente cette association par la notation $\overline{AB} = \xi$.

II. Étant donnés un vecteur ξ du champ V et un point A de l'espace considéré, il existe un point B de cet espace et un seul tel que $\overline{AB} = \xi$.

III. $\overline{AA} = \theta$ quel que soit le point de cet espace.

IV. Quels que soient les points A, B, C de cet espace, on a

$$\overline{AB} + \overline{BC} = \overline{AC}.$$

Intervention des considérations de continuité. — Si un ensemble de points de nature quelconque peut être considéré comme l'ensemble des points d'un espace affine, cet ensemble est-il d'une nature particulièrement simple ? Il n'en est rien. Ainsi, tout ensemble G ayant la puissance du continu, peut être mis en correspondance ponctuelle biunivoque avec l'espace euclidien. Celui-ci étant affine, il en sera de même de l'ensemble G. On pourra y définir des vecteurs, des droites, des plans, des longueurs, etc., par correspondance à ceux de l'espace euclidien. Seulement ces définitions pourront conduire à des résultats sinon absurdes logiquement, du moins contraires au bon sens. C'est ainsi qu'en prenant pour G une droite euclidienne, on distinguera sur cette droite des droites parallèles, des plans, etc.

Si l'on se souvient que toute distinction entre les espaces linéaires, plans, etc., disparaît tant que l'on ne fait pas intervenir les considérations de continuité, on sera amené à faire intervenir celles-ci pour compléter les conditions imposées à l'espace affine. En introduisant ces considérations sous leur forme la plus générale, on serait

conduit à la notion d'*espace topologiquement affine* que nous préciserons ailleurs.

Contentons-nous ici d'examiner le cas où l'espace considéré est un espace ($\mathfrak{D}$), c'est-à-dire où la définition de la convergence d'une suite de points peut s'y traduire par l'intermédiaire d'une distance. Nous dirons que cet espace est un *espace* ($\mathfrak{D}$) *affine*, si l'on peut lui associer un champ de vecteurs de façon à satisfaire aux conditions 1° à 15° et I à IV, et aussi aux conditions V qui suivent. Pour exprimer celles-ci, nous appellerons *droite abstraite* l'ensemble des points C obtenus en faisant varier le nombre réel c dans la relation $\overline{\mathrm{A}c} = c.\ \overline{\mathrm{AB}}$, où A et B sont deux points fixes distincts arbitraires de l'espace considéré. Voici maintenant les conditions V.

V_a. Toute droite abstraite est un ensemble fermé;

V_b. Sur toute droite abstraite, la « longueur » peut jouer le rôle de « distance »;

V_c. Si $\overline{\mathrm{AB}} = \overline{\mathrm{CD}}$, les distances (A, B) et (C, D) sont égales.

Ces trois conditions auront lieu si la longueur $\|\overline{\mathrm{AB}}\|$ et la distance (A, B) sont égales quels que soient les points A, B de l'espace considéré. On aura dans ce cas ce que nous avons appelé un espace ($\mathfrak{D}$) vectoriel. Et si, en outre, la distance envisagée admet une généralisation du critère de Cauchy, on aura un espace de Banach, ou espace ($\mathfrak{D}$) vectoriel complet.

Mais ces trois conditions V peuvent être réalisées en maintenant la distinction entre la longueur et la distance. Et c'est ce qui permet de donner les exemples suivants d'espace ($\mathfrak{D}$) affine : les espaces (I), ($\mathfrak{M}$) et (E_ω) mentionnés dans ma Note citée plus haut. Et aussi :

L'espace polynomial P où chaque « point » est un polynome réel et où une suite de « points » $A_1, A_2, \ldots$ est convergente lorsque les polynomes $A_1, A_2, \ldots$ convergent uniformément dans tout intervalle fini.

L'espace (R), espace où chaque « point » A est déterminé par une suite infinie de coordonnées $a_1, a_2, \ldots$ nulles à partir d'un certain rang (éventuellement variable avec A), et où une suite de points est par définition convergente lorsque leurs coordonnées convergent pour chaque rang fixe.

Ces deux espaces offrent en outre cet intérêt d'ajouter *deux exemples d'espaces* ($\mathfrak{D}$) *non complets*, à celui qui a été fourni par M. Chittenden et publié dans ma Communication à l'Académie (¹).

(¹) *Sur l'existence de classes* ($\mathfrak{D}$) *non complètes* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 977).

ÉLASTICITÉ. — *Sur la rupture du barrage de Bouzey.* Note (1) de M. **Vladimir de Belaevsky**, présentée par M. Mesnager.

La rupture du barrage de Bouzey (en 1895), célèbre dans l'histoire de l'art de l'ingénieur et qui a suggéré à Maurice Levy l'idée de résoudre le problème de l'équilibre élastique d'un triangle indéfini soumis à la pression hydrostatique (2), a été attribuée par la conclusion des experts à l'effet des efforts normaux et non à celui du cisaillement comme le pensait Maurice Levy.

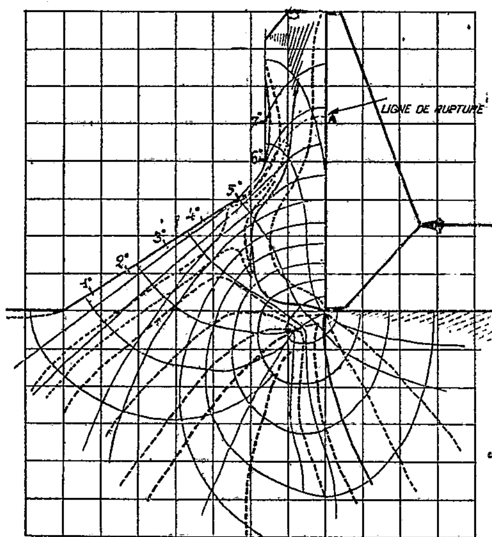


Fig. 1.

Afin de pouvoir donner une explication de la catastrophe, il importe d'obtenir la répartition exacte des efforts intérieurs, mais l'intégration des équations d'élasticité dans le cas d'un contour comme celui de Bouzey présente de grandes difficultés, c'est pourquoi nous avons recouru à la méthode expérimentale de M. Mesnager, méthode basée sur la propriété des corps transparents de devenir biréfringents sous l'action de forces extérieures convenablement appliquées (3).

(1) Séance du 26 janvier 1925.
(2) *Comptes rendus*, 1898, t. 126, p. 1235, et t. 127, p. 10.
(3) Voir l'article de M. Mesnager, dans la *Technique moderne*, du 15 mars 1924, t. 16, n° 6, *Les tensions intérieures rendues visibles*.

Nos études ont été effectuées avec un modèle de barrage à l'échelle de 1/500 découpé dans une feuille de xylonite contre lequel une pression répartie comme celle de l'eau était produite par une pièce métallique avec interposition d'une feuille de caoutchouc.

Nos résultats restent valables autant que l'hypothèse suivante reste en vigueur : *les propriétés élastiques du corps de barrage et de sa fondation sont identiquement les mêmes, le corps et la fondation forment ensemble un bloc monolithe, homogène et isotrope.*

La figure 1 présente un dessin de lignes isostatiques du barrage de Bouzey, obtenu avec des lignes isoclines (en pointillé).

L'analyse des lignes isostatiques nous permet de constater que, le long du parement aval, le maximum des pressions normales agissant sur un élément plan perpendiculaire au parement aval, se trouve au voisinage du

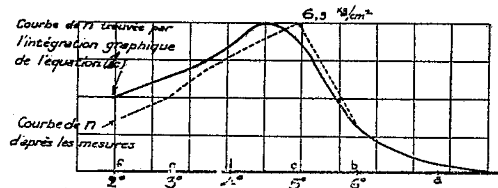


Fig. 2.

point n° 5 (voir *fig.* 2). Ce résultat découle de l'équation de l'élasticité en coordonnées isostatiques

$$\frac{\partial N_1}{\partial s_1} + \frac{N_1}{R_1} = 0 \qquad (1)$$

(N_2 étant égale à zéro au parement aval).

Les mesures de tensions faites avec un compensateur Jamin-Babinet le confirment, comme on le voit sur le graphique (*fig.* 2).

On voit que, *sans tenir compte du poids de l'ouvrage* (ce qui est difficile à reproduire au laboratoire), le maximum de l'effort normal parallèle au parement aval est de 6,9 kg/cm², ce chiffre est trop faible pour pouvoir produire une catastrophe, même en tenant compte de la pression qui peut provenir du poids du barrage (l'effort obtenu au modèle est 3,1 kg/cm², le coefficient de similitude est 1,92).

En raison de différents défauts de notre installation nous avons vérifié la marche de la courbe des efforts en nous servant de l'intégration graphique de l'équation (1). Le graphique nous montre que le caractère de deux

courbes est sensiblement le même (elles ne peuvent pas coïncider exactement, l'une se rapportant au contour, et l'autre aux points éloignés de 2^{mm} du contour).

Le résultat le plus intéressant est fourni par la figure 1. On remarque que la ligne pointillée représentant la ligne de rupture de l'ouvrage [1] appartient à une des familles de lignes isostatiques, lieu des points où les efforts tangentiels sont égaux à zéro. Par conséquent la rupture s'est produite suivant une ligne isostatique, *elle est donc due aux efforts normaux*, ce que les experts ont conclu. D'ailleurs la tangente de la ligne de rupture est loin de former un angle de 45° avec les lignes du contour, ce qui devrait avoir lieu au cas où la rupture serait due au cisaillement.

En raison des efforts normaux assez faibles pour produire une catastrophe sans autres circonstances supplémentaires, nous avons encore étudié les lignes isoclines pour le cas d'une défectuosité de la maçonnerie au voisinage du point de rupture au parement amont. Dans ce but on a fait au point A une très mince entaille de profondeur égale à $\frac{1}{80}$ de la hauteur du barrage. On a pu constater que les lignes isoclines ne diffèrent de celles de la figure 1 qu'au voisinage immédiat de l'entaille et par conséquent que la ligne de rupture appartient, même dans ce cas-là, à une famille de lignes isostatiques, car elles restent sensiblement les mêmes dans les deux cas, sauf au voisinage du point A.

La conclusion que nous tirons de nos expériences peut susciter l'objection suivante : les lignes isostatiques étant obtenues par des efforts ne dépassant pas la limite d'élasticité, conservent-elles leur forme une fois que cette limite est dépassée lors d'une rupture?

Nous ne croyons pas cette objection fondée.

En effet on sait que la déformation des pierres et des ciments ne suit pas la même loi que celle des métaux et que la limite d'élasticité n'existe pas, leur rupture se produit *brusquement* dans la période élastique, par conséquent nous croyons pouvoir affirmer que les lignes obtenues sont valables tant pour les petits que pour les grands efforts et que la ligne de rupture appartient effectivement à une famille de courbes isostatiques correspondant à la pression hydrostatique exercée sur le contour étudié.

Nous croyons ainsi pouvoir conclure que *la rupture du barrage de Bouzey a été produite par arrachement et non par cisaillement.*

---

[1] La ligne de rupture ainsi que le profil du barrage de Bouzey sont tirés de l'ouvrage de M. Bonnet, *Cours de Barrages*, Paris, 1920.

RELATIVITÉ. — *La notion de la variation de la masse déduite de la seule formule d'addition des vitesses.* Note de M. **Henri Malet**, présentée par M. d'Ocagne.

On sait le rôle capital que joue dans les théories relativistes la formule d'addition des vitesses $v_1 = \frac{v_2 + v_3}{1 + \frac{v_2 v_3}{c^2}}$. Cette formule en effet donne l'explication par elle-même, et sans intervention d'aucune autre hypothèse ou théorie, de la plupart des phénomènes en contradiction avec l'ancienne mécanique : existence d'une vitesse limite, expériences de Michelson et de Fizeau. Nous allons montrer qu'elle entraîne aussi directement pour conséquence la variation apparente de la masse avec la vitesse.

Rappelons que ladite formule peut être postulée *a priori* et que, bien que découlant du groupe de Lorentz, elle ne le suppose pas nécessairement.

Soit en effet un observateur O situé dans un champ de force uniforme, c'est-à-dire qui imprime en tout point à une masse d'épreuve au repos une même accélération initiale. Observant le mouvement d'une masse m_0 partie du repos et abandonnée à l'action du champ, il lui eût attribué, dans l'ancienne mécanique, une loi de mouvement $v = \frac{F}{m_0} t$; en mécanique relativiste il doit lui attribuer une loi de mouvement $v = f(t)$, où f tend vers une limite c pour t infini.

Soient M la position du mobile à l'intant t et v sa vitesse. Considérons un observateur auxiliaire M_1 qui coïncide avec le mobile en M à l'instant t mais qui poursuit son mouvement avec la vitesse constante v. Par rapport à M_1, le mobile s'écarte de lui *partant du repos*, et, si nous admettons que la valeur du champ est toujours F à son égard, M_1 observe une accélération initiale $\frac{F}{m_0}$. Le mobile a donc par rapport à lui à l'instant $t + dt$ une vitesse $\frac{F}{m_0} dt$.

Mais, à $t + dt$, O attribue au mobile la vitesse $v + dv$, et l'on doit avoir

$$v + dv = \frac{v + \frac{F}{m_0} dt}{1 + \frac{v}{c^2} \frac{F}{m_0} dt},$$

$$dv = \frac{F}{m_0} \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) dt;$$

autrement dit, il attribue au mobile une masse apparente (longitudinale) :

$$m = \frac{m_0}{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{m_0}{\lambda^2}, \tag{1}$$

si $\lambda = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

Dans l'hypothèse einsteinienne du temps relatif, l'intervalle dt' qui pour M_1 correspond à dt est $dt' = \lambda\, dt$, la vitesse relative est $\frac{F}{m_0} dt' = \frac{F}{m_0} \lambda\, dt$ et l'on obtient

$$m = \frac{m_0}{\lambda^3}. \tag{2}$$

La première formule conduirait à la loi du mouvement

$$v = c \operatorname{th}\left(\frac{F}{m_0 c} \log t\right), \tag{3}$$

l'intervention d'une tangente hyperbolique étant à rapprocher de l'expression de la formule des vitesses elle-même qui peut s'écrire

$$\operatorname{arc\,th} \frac{v}{c} = \operatorname{arc\,th} \frac{v_1}{c} + \operatorname{arc\,th} \frac{v_2}{c}.$$

La formule einsteinienne (2) conduit à

$$v = c \sin\left(\operatorname{arc\,tang} \frac{F}{m_0 c}\, t\right). \tag{4}$$

D'autre part, supposons que le mobile M animé de la vitesse v soit soumis, non plus à une force F longitudinale, mais à une force F transversale, lui communiquant au bout de dt une vitesse transversale $w = \frac{F}{m_0} dt$. On sait que dans la composition relativiste d'une vitesse radiale v et d'une vitesse transversale w, cette dernière doit être affectée du coefficient λ $\Big($on vérifie aussitôt que $\sqrt{v^2 + \lambda^2 w^2} = \sqrt{v^2 + w^2 - \frac{v^2 w^2}{c^2}}$ a bien c pour limite supérieure$\Big)$. L'observateur O attribue donc au mobile, si le temps est conservé et F constant, une accélération $\frac{F}{m_0} \lambda\, dt$, c'est-à-dire une masse apparente transversale

$$m = \frac{m_0}{\lambda}.$$

Les formules de Lorentz-Einstein conduisent d'ailleurs bien à ce résultat, car le temps dt doit être remplacé par $\lambda dt'$, mais la force doit être affectée d'un coefficient $\frac{1}{\lambda}$, qui découle, dans le cas d'un champ électromagnétique, des équations de Maxwell et qui est étendu par analogie aux champs de force d'une autre nature.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La constitution électrique de l'éther.* Note ([1]) de MM. **Maurice Le Besnerais** et **Raoul Ferrier**, présentée par M. Paul Painlevé.

Il ne paraît pas possible, d'après les lois ordinairement admises pour l'action mutuelle des particules électrisées de même signe, de concevoir l'éther comme un ensemble de telles particules en équilibre : si l'on considère deux de ces particules A et B, l'action qui tend à les séparer est proportionnelle à leur distance h, et il ne semble pas que cette action puisse être équilibrée par l'influence des particules lointaines, dont l'effet apparaît, dans son ensemble, comme nul.

Or un ensemble de faits nous conduit à admettre que l'énergie du groupe de deux particules électriques, de charge e et de distance r, n'est égale à $\frac{e^2}{r}$, comme le veut la loi de Coulomb, que si leur vitesse relative u, et ses dérivées, sont nulles. Dans le cas général, on a

$$W = \frac{e^2 F(u_1 \ldots)}{r}. \tag{1}$$

Si les accélérations ne sont pas considérables, la fonction F sera une fonction de la vitesse relative u : ce sera, en particulier, le cas du mouvement uniforme ($u = \text{const.}$).

Supposons que l'ensemble des électrons de l'éther possède un très petit mouvement de dilatation, chaque particule ayant une vitesse constante par rapport aux voisines : si la distance des particules est R, cette vitesse est, à un instant donné, λR. On voit aisément que l'énergie d'un tel système ne peut être constante : la variation est d'autant plus faible que la dilatation est plus lente. En pratique, la petite variation de l'énergie correspond à un échange avec la matière disséminée dans l'éther.

([1]) Séance du 2 février 1925.

Or, si l'on suppose en outre que

$$\int^{\infty} F(u)\,du$$

tend vers une limite finie, chaque électron est soumis seulement à l'influence des particules contenues dans une sphère de très grand rayon, dont il occupe le centre : cette influence est nulle, par raison de symétrie. La résultante des forces appliquées à chaque électron de l'éther est donc nulle. Ce résultat est indépendant de λ, qui peut être considéré comme pratiquement nul, et tout se passe comme si chaque unité de volume contenait une charge positive $= ne$.

Énergie d'une portion d'éther immobile. — Si l'éther contenu entre leurs plans parallèles subit un petit déplacement ε perpendiculaire aux plans, une couche positive de densité superficielle $n\varepsilon e$ apparaît contre l'un des plans, et une couche négative égale contre l'autre. Le champ ainsi créé est

$$H = 4\pi n e \varepsilon.$$

Il est égal au champ capable de produire le déplacement ε. Si l'on calcule l'énergie ainsi emmagasinée dans chaque unité de volume, on trouve

$$W = \frac{H^2}{8\pi}.$$

Le pouvoir inducteur spécifique de l'éther est donc égal à 1.

Propagation des ondes. — Nous montrerons qu'elle s'effectue par vibrations transversales, avec la vitesse de la lumière.

Énergie d'une portion d'éther en mouvement. — L'expérience montre que l'énergie cinétique d'un électron isolé est très petite (quasi négligeable). Ce résultat peut se concevoir, à condition de faire des hypothèses sur la valeur de $F(u)$ et de ses dérivées pour les grandes valeurs de u. En l'absence d'une détermination plus précise de la fonction F, nous nous bornerons à enregistrer ce résultat expérimental.

Par contre, on peut établir que les premiers termes du développement de F sont, sans doute possible :

$$F(u) = 1 - \frac{u^2}{2} + \ldots,$$

l'unité de vitesse étant la vitesse de la lumière.

Il en résulte immédiatement que la masse d'une particule cesse d'être négligeable si cette particule a la même vitesse qu'un certain nombre de ses

voisines : les termes *négatifs* correspondant à leur vitesse relative disparaissent dans le calcul de l'énergie, qui se trouve augmentée.

Pour fixer les idées, considérons une sphère d'éther, de rayon R, solidifiée. Toutes les particules intérieures ont la même vitesse. On trouve que la masse de chacune est proportionnelle à R^2; la masse de la sphère est comme R^5. D'autre part, la force électrique résultant du déplacement ε est, pour l'ensemble de la sphère, comme εR^3.

Si la sphère part du repos, elle prend, par raison de symétrie, un mouvement rectiligne. En comparant la masse à la force, on voit que la fréquence ν du mouvement satisfait à l'équation

$$\nu R = \text{const.},$$

c'est-à-dire que la longueur d'onde est en raison directe du diamètre de la sphère ébranlée.

En réalité, un tel mouvement d'ensemble ne se produit pas effectivement : l'amplitude varie à partir du centre

$$a = A f(\nu R).$$

Mais cette propriété subsiste que l'éther peut vibrer, d'un mouvement propre, autour de sa position d'équilibre, avec une fréquence déterminée par *les seules conditions initiales;* et cette fréquence persiste malgré l'amortissement dû au rayonnement, car le rapport

$$\frac{a}{A}$$

est constant dans le mouvement amorti.

THERMODYNAMIQUE. — *La réalisation des réactions chimiques dans des compresseurs.* Note de M. **Marcus Brutzkus**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans une Note précédente (¹), il a été montré que, du point de vue de l'équilibre chimique, toutes les réactions doivent être produites dans des compresseurs.

Le moteur Diesel est le compresseur le plus parfait qu'une expérience de soixante années ait élaboré pour la réaction de combustion, et il est aussi

(¹) *Comptes rendus*, t., 180, 1925, p. 199.

parfaitement utilisable pour la production de toutes les autres réactions chimiques.

Une partie des corps nécessaires peut être aspirée par le piston. Si ces corps sont des fluides, ils peuvent préalablement être vaporisés. Les autres corps peuvent être successivement ajoutés par injection dans le cylindre, par la soupape de pulvérisation. Sont-ils gazeux, ils peuvent être comprimés préalablement par la pompe auxiliaire dont est muni tout moteur Diesel. Au contraire, s'ils sont liquides, ils peuvent être apportés à la soupape de pulvérisation par la pompe auxiliaire et injectés dans le cylindre par un gaz quelconque à surpression.

Variation de pression par un compresseur. — Si la réaction est liée à une augmentation du nombre des molécules, elle doit être effectuée, selon le principe rappelé précédemment, sous l'influence d'une pression continuellement décroissante. Ceci peut être obtenu en produisant la réaction pendant la course d'expansion; c'est ainsi que s'effectue la réaction de combustion des combustibles liquides qui est aussi liée à une augmentation du nombre des molécules.

Si la réaction est liée à une diminution du nombre des molécules, elle doit être produire, selon notre principe, sous l'action d'une pression continuellement croissante; cela peut être obtenu en produisant la réaction dans la course de compression.

Enfin, si la réaction n'est pas liée à une variation du nombre des molécules, une influence extérieure sur la variation de pression n'a aucune action sur la marche de la réaction; de telles réactions peuvent être effectuées aussi bien dans la course de compression que dans la course d'expansion.

Les variations de la température. — Selon notre principe, les réactions exothermiques doivent s'effectuer sous un refroidissement continuel. Dans un compresseur en forme de moteur Diesel, ceci peut s'obtenir par les moyens suivants :

1° Si la réaction, au point de vue de la variation de pression, s'effectue dans la course d'expansion, l'expansion des gaz suffira pour les bien refroidir.

2° Par l'injection dans le cylindre d'un jet du gaz de haute pression, bien refroidi. Outre sa basse température, c'est aussi par son expansion que ce jet refroidira les gaz dans le cylindre.

3° Par l'évaporation des liquides injectés. Un liquide spécial, par exemple de l'eau, peut être injecté dans le cylindre dans ce but.

4° Par le refroidissement des parois. Les réactions endothermiques doivent, selon notre principe, se produire sous un réchauffement continuel, qui peut être obtenu dans un compresseur en forme de moteur Diesel, de la manière suivante :

a. Si la réaction, au point de vue de la variation de pression, s'effectue dans la course de compression, la chaleur de compression sera souvent suffisante pour ce but.

b. Par le réchauffement des parois.

c. Par l'injection d'un jet de gaz chauds.

Dans l'un ou l'autre cas, les moyens cités peuvent être employés simultanément.

Variation des concentrations. — Elle peut être obtenue par l'injection dans les cylindres des corps correspondants. Mais la production des réactions chimiques dans des compresseurs en forme de moteur Diesel, outre la possibilité de faire varier les facteurs de l'équilibre chimique, a d'autres grands avantages sur les méthodes actuellement employées :

1° Ce mode de production, donnant la possibilité d'imprimer une impulsion aux réactions, permettra de remplacer par cette impulsion celle que donne un catalyseur. Alors, on ne sera plus obligé de travailler avec des corps chimiques purs, ce qui simplifiera considérablement toutes les productions technologiques.

2° Seul un compresseur donne la possibilité d'exposer des corps à de très hautes températures (3000° C. et encore plus), et simultanément à de très hautes pressions. Cette possibilité est d'une grande importance, et elle n'était pas utilisée jusqu'ici. Dans le cas d'un compresseur, on peut utiliser les formules de compression adiabatique.

Pour aboutir à une température finale $T_2 = 200°$ C., 2500° C., 3000° C., la température initiale des gaz aspirés doit être choisie $T_1 = 511°$ C., 683° C., 856° C. En même temps nous pouvons obtenir toute haute pression finale voulue en choisissant la pression initiale correspondante.

Il faut remarquer que, si de grandes pressions finales ne sont pas nécessaires, on peut arriver à des températures très hautes avec un faible travail de compression en choisissant la pression initiale beaucoup plus basse qu'une atmosphère.

3° Pour des réactions suffisamment exothermiques, l'appareil fonctionnera automatiquement sans dépense d'énergie à l'extérieur. Même en beaucoup de cas, de l'énergie mécanique pourra être recueillie comme produit secondaire.

4° Comme on le sait, souvent des réactions faites au laboratoire ne sont pas encore des procédés industriels. Ici chaque expérience réussie est en même temps un procédé industriel.

Pour faire les premières expériences, il ne faut pas construire un appareil nouveau. On peut, pour ce but, utiliser un moteur Diesel, souvent sans changements.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure du spectre de lignes de l'oxygène ionisé.* Note de M. F. **Croze**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente j'ai donné la description de six multiplets appartenant au spectre de l'oxygène ionisé (O^+) et résultant de combinaisons entre deux systèmes de *termes quadruples*. Ce spectre contient aussi des combinaisons entre *termes doubles*. Les tableaux suivants donnent les plus importantes de ces combinaisons qui se trouvent dans la région visible du spectre [1].

Multiplet $p^2 p'^2$.

9		6	
3973,266		3945,033	p'^2_1
25261,12	180,07	25341,19	
59,75		59,83	$\Delta p'^2_{12}$
6		7	
3982,725		3954,368	p'^2_2
25101,37	179,99	25281,16	
p^2_1	Δp^2_{12}	p^2_2	

Multiplet pd.

10			
4414,888			d^2_1
21644,30			
189,9			Δd^2_{12}
3		9	
4452,23		4416,974	d^2_2
22454,4	179,2	22633,60	
p^2_1	Δp^2_{12}	p^2_2	

(1) A. Fowler avait déjà signalé, sans d'ailleurs préciser autrement, l'existence de six doublets de longueur $\Delta\nu = 179,9$ (*Report on series in line spectra*, p. 166).

Multiplet $p'd'$.

6			
4943,27			d'^2_1
20224,3			
51,6			$\Delta d'^2_{12}$
1		4	
4955,83		4941,04	d'^2_2
20172,7	60,3	20233,0	
p'^2_1	$\Delta p'^2_{12}$	p'^2_2	

Les résultats relatifs aux spectres de l'oxygène et de l'azote ionisé qui sont contenus dans cette Note et dans deux Notes précédentes [1] sont fondés sur les mesures de longueurs d'onde qui ont été réunies par Kayser [2] et sur celles plus récentes, mais malheureusement peu nombreuses, qui ont été faites par Clark [3]; ils ont été obtenus en appliquant les règles de Landé à des mesures de l'effet Zeeman dans un champ magnétique d'environ 24000 gauss, faites, en 1913, au laboratoire de M. Cotton, sur des spectres fournis par le troisième et le quatrième ordre d'un réseau Rowland de 4 pouces de largeur et de 3^m,14 de rayon, monté sur un collimateur. Pour aller plus loin dans la détermination de la structure de ces spectres, il est nécessaire de faire des mesures plus précises et plus complètes des longueurs d'onde de leurs différentes raies et d'étudier leur effet Zeeman dans des champs plus intenses avec des spectroscopes de plus grande dispersion.

PHYSIQUE APPLIQUÉE — *Nouvelle méthode d'examen de l'intérieur des perles.* Note [4] de M. **B. Szilard**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Divers auteurs ont essayé de caractériser les perles selon la structure de leur intérieur et de distinguer ainsi la perle naturelle de celle à noyau de nacre obtenue par culture.

Nous avons imaginé une méthode pratique et simple permettant de voir *naturellement* et directement dans l'intérieur des perles.

---

(1) F. Croze, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1603; t. 180, 1925, p. 277. Dans cette dernière Note l'intervalle Δd^4_{34}, dans le multiplet $d^4 f^4$ de l'oxygène, est égal à 55,6 et non à 58,6 comme il a été marqué par erreur.

(2) H. Kayser, *Handbuch der Spektroskopie*, t. 5, 6, 7.

(3) J.-S. Clark, *The Astrophysical Journal*, t. 40, 1914, p. 334.

(4) Séance du 2 février 1925.

Ce procédé permet donc de rendre l'intérieur de la perle ou celui de beaucoup de matières analogues, opaques (nacre, os, fibres, bois, cuirs, minerais, êtres vivants, etc.) accessible aux observations macroscopiques ou microscopiques.

Le principe de la méthode consiste à observer la matière noyée dans un liquide d'un indice de réfraction convenablement choisi et très fortement illuminée par en dessous, au moyen d'une lumière condensée; le rôle du liquide est d'empêcher la réflexion par la surface; les rayons ne déviant plus arrivent à pénétrer dans l'*intérieur* de l'objet.

Appareil. — Une cuvette démontable en métal complètement noircie *a* ayant pour fond une plaque de quartz à face plane parallèle *b*, peut recevoir des diaphragmes *c*

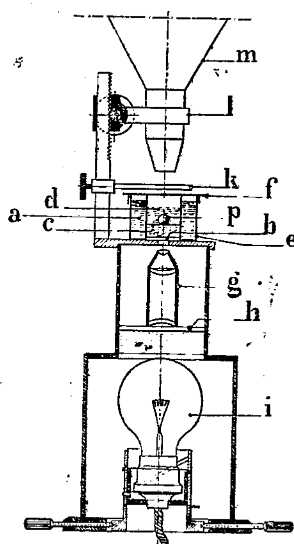


Fig. 1.

sur lesquels on place la perle *d* à examiner. On remplit la cuvette avec de l'huile de cèdre épaisse. L'espace annulaire *e* est rempli d'eau.

Un condensateur *g* permet de concentrer les rayons à la hauteur voulue. Une cuve d'eau *h* permet d'éviter un échauffement démesuré dû à la lampe *l*.

Au moyen du support *k* on peut monter des loupes ou objectifs s'immergeant complètement dans le liquide et une coulisse *l* sert à supporter l'appareil stéréoscopique *m*. Enfin des écrans sélecteurs pouvant être intercalés en *h* ou en *f* permettent de rendre la lumière plus ou moins monochromatique et selon la nature de l'écran de mettre plus ou moins en évidence certaines caractéristiques colorées ou d'en absorber d'autres.

Observations. — En faisant tomber une perle sur le diaphragme *c*, malgré le

fort éclairage on n'aperçoit qu'une faible lucidité sans détails de structure; mais on est frappé par la richesse de couleurs et de dessins dès que l'on immerge l'objet dans de l'huile de cèdre.

Sur les perles de toutes provenances on observe un noyau central plus ou moins défini entouré d'une série de couches concentriques plus ou moins régulières et ayant des épaisseurs et couleurs très variables.

Nous avons examiné par cette méthode un très grand nombre de perles de provenances diverses et sûres.

Résultats. — Par cette méthode nous avons pu mettre en évidence dans le noyau d'un certain nombre de perles, des stries parallèles, n'atteignant pas la surface, mais s'éteignant à la limite même du noyau. Ces stries cons-

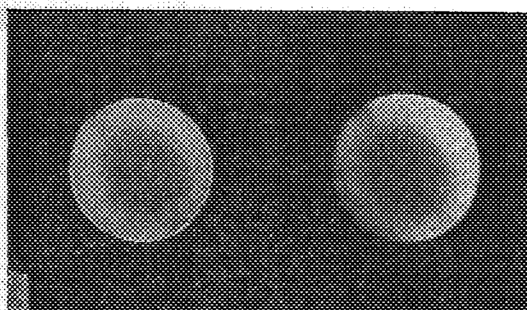


Fig. 2.

tituent des caractéristiques optiques de la nacre. Elles correspondent à la coupe perpendiculaire des couches de nacre, naturellement parallèlement superposées et ayant des opacités et souvent des couleurs très diverses.

En tournant la perle de 180° autour du même axe, on retrouve à peu près, ou souvent décalée (selon la formation successive des couches), la même image. Par contre, en faisant l'examen perpendiculairement [1] aux couches, on rencontre une plage plus ou moins uniforme et très opaque par rapport à l'image précédente due aux propriétés caractéristiques de la nacre que nous avons déjà mentionnées.

Conformément à ce que l'on pouvait attendre, ces stries n'existent en aucune sorte dans des centaines de perles naturelles parallèlement examinées et elles constituent ainsi un indice certain de l'origine : la culture au moyen des noyaux de nacre.

---

[1] Un dispositif que nous avons réalisé permet d'exécuter des rotations et de repérer les caractéristiques sans toucher à la perle.

Documents. — Les photographies ci-jointes permettent de se rendre compte de l'importance de ces caractéristiques dans les perles de culture et d'en constater l'absence dans les perles d'Orient choisies comme témoins.

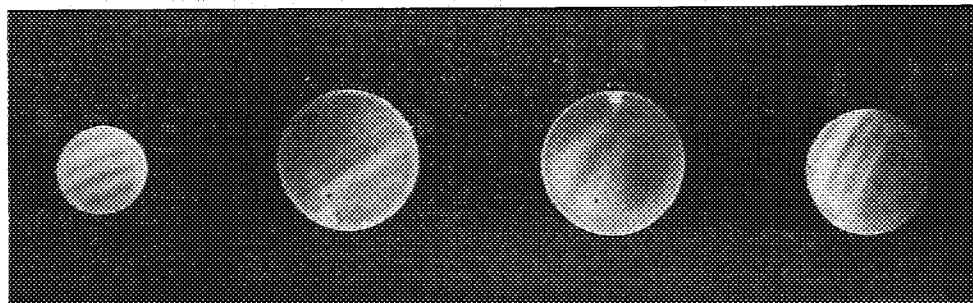


Fig. 2 *bis*.

En résumé, notre procédé optique permet de voir directement dans toute la masse de la perle; l'image visible peut être photographiée et étudiée par quiconque en vue d'en dégager et interpréter les caractéristiques.

Seules les perles à noyau de nacre donnent des stries spéciales dans le centre; l'identification de ces perles est donc certaine. Les photographies obtenues permettent de fournir un document indiscutable, de mesurer en même temps l'importance du noyau de nacre par rapport aux couches concentriques perlières.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les particules de long parcours du polonium.* Note de M. NOBUO YAMADA, présentée par M. G. Urbain.

Les particules de long parcours émises par les substances radioactives ont été récemment très étudiées. Celles du polonium ont été étudiées par Bates et Rogers (1) : ils ont trouvé trois nouveaux groupes de particules α de parcours $6^{cm},1$, $10^{cm},0$ et $13^{cm},1$ dans l'air à 760^{mm} de pression et à 15°C. et dans la proportion de 9, 8, 5,1 et 2.1 respectivement, pour 10^6 particules α de $3^{cm},9$ de parcours.

J'ai recommencé ce travail à l'Institut du Radium. Le polonium utilisé est préparé à partir du dépôt actif à évolution lente provenant de radon. Il est déposé sur des disques métalliques de 3^{mm} de diamètre. Le dispositif

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, t. 105, 1924, p. 360.

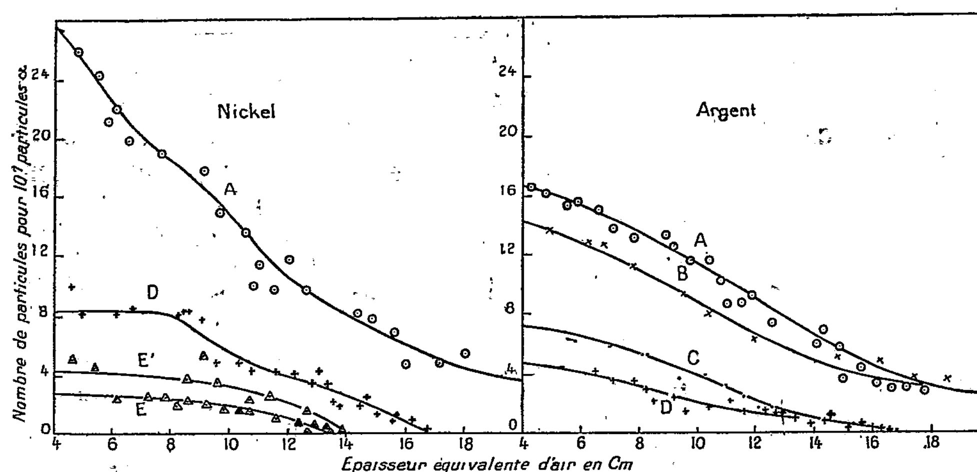
expérimental est celui qui est couramment employé pour la méthode de scintillation. La source de polonium est toujours placée à la distance de $9^{mm},6$ d'un écran au sulfure de zinc, que l'on vise avec un microscope (grossissement environ 10 et champ 7^{mm^2}). Sur la source on place un écran d'aluminium ou d'or, et par-dessus on ajoute successivement neuf écrans auxiliaires d'aluminium de diverses épaisseurs.

Pour déterminer le rapport du nombre de particules de long parcours au nombre de particules α de parcours ordinaire, on compte le nombre de particules α émises par une source de même forme, de mêmes dimensions et placée de la même manière que les sources utilisées dans les expériences, mais d'activité très faible. L'activité (courant de saturation qui correspondrait à l'ionisation totale produite par la source) est mesurée directement dans le cas de la source faible; celle de la source forte est mesurée au moyen d'un appareil spécial; elle varie, selon les sources, de 2000 à 8000 U.E.S. Le rapport du nombre de particules de long parcours de la source forte, au nombre de particules de parcours ordinaire de la source faible, joint au rapport de l'activité des sources, permet de calculer le rapport du nombre de particules de long parcours aux particules de parcours ordinaire émises par la source forte.

Dans la figure suivante la variation du nombre de particules en fonction de l'épaisseur des écrans traversés (exprimée en épaisseur équivalente d'air) est donnée pour diverses conditions expérimentales. On a déposé le polonium sur trois sortes de métaux : le nickel, le cuivre et l'argent. Les courbes données ci-après sont relatives au dépôt sur nickel et sur argent.

On voit que le nombre de particules de long parcours trouvé dans la présente expérience est considérablement inférieur au nombre trouvé par Bates et Rogers, environ dix fois plus faible d'après la courbe A, cent fois plus faible d'après la courbe E. En outre, on voit que le nombre de particules de long parcours diminue quand on s'efforce d'éliminer les gaz occlus dans les métaux et la vapeur d'eau. Par conséquent, on doit conclure que presque toutes les particules de long parcours observées dans l'expérience A sont émises par les écrans employés, les métaux sur lesquels on dépose le polonium, et l'air ambiant. Bates et Rogers ont déposé le polonium sur du cuivre et ils ne semblent pas avoir pris de précautions spéciales pour éliminer les gaz occlus. D'autre part, ils ont employé des écrans de mica, et des essais que j'avais faits avec de tels écrans semblent prouver que le mica émet un grand nombre de particules sous l'action des rayons du

polonium; on doit conclure que les particules qu'ils ont observées venaient pour la plupart du mica et du cuivre.



Courbe A : Un écran d'aluminium d'épaisseur équivalente à $2^{cm},98$ d'air est placé à 1^{mm} au-dessus de la source.
Courbe B : Le même écran est mis directement sur la source.
Courbe C : Un écran d'or d'épaisseur équivalente à $3^{cm},83$ d'air est mis directement sur la source.
Courbe D : Le métal sur lequel le polonium est déposé avait été chauffé dans le vide à la température de 700° C. avant le dépôt; mêmes conditions que C.
Courbe E : La source de D a été desséchée sur P^2O^5 dans le vide, ainsi que l'écran d'or.

L'aspect de la variation du nombre de particules en fonction du parcours résulte de la superposition des courbes de décroissance du nombre de particules correspondant à chacune des causes d'émission (particules venant de l'écran, particules venant du métal, etc.); il est probable que le nombre de celles qui proviennent d'une cause décroît régulièrement avec l'épaisseur équivalente d'air, sans qu'il y ait aucun parcours défini, mais la courbe qui résulte de l'addition de plusieurs lois de variation régulière peut présenter des changements d'allure assez brusques, pouvant faire croire à l'existence de parcours définis.

La luminosité des scintillations provenant des particules de long parcours semble plus faible que celle que l'on devrait attendre de particules α du même parcours. Ceci fait supposer que même le petit nombre de particules de la courbe E ne sont pas des rayons α.

Les particules, qui ont disparu après les opérations destinées à éliminer les gaz occlus et la vapeur d'eau, sont probablement des rayons d'hydrogène, projetés par le bombardement des rayons α. Les particules qui sub-

sistent dans la courbe E (leur parcours est de 10 à 14^{cm} dans l'air), au nombre de 3 ou 4 pour 10^7 particules α de parcours ordinaire, proviennent peut-être du polonium lui-même, bien qu'on ne puisse l'affirmer. Des expériences sont en cours pour éclaircir cette question.

PHYSICO-CHIMIE. — *Propriétés physico-chimiques de la gélatine : le pouvoir rotatoire*. Note [1] de MM. **Fred Vlès** et **Edmond Vellinger**, présentée par M. A. Haller.

Les recherches de Loeb ont établi que les variations des propriétés physico-chimiques des protéiques sont liées au P_H. Il faut remarquer que les propriétés étudiées à ce sujet (conductivité, viscosité, pression osmotique, liaison avec les électrolytes, etc.) sont toutes sous la répercussion la plus directe des processus d'ionisation, et ont des chances de traduire le plus immédiatement les équilibres de dissociation ; il est donc nécessaire de se demander si le problème s'arrête là, et si sous les modifications en quelque sorte superficielles à la dissociation il n'y en a pas en réalité de plus profondes, pénétrant plus intimement la structure de la molécule. Nous avons à cet effet entrepris d'étudier en fonction du P_H des propriétés telles que le pouvoir rotatoire, l'absorption ultraviolette, la réfraction moléculaire. Dans la présente Note nous étudierons le pouvoir rotatoire de la gélatine observée dans les conditions des expériences de Loeb.

Préparation. — Les gélatines ont été préparées en passant par la gélatine isoélectrique et en suivant exactement les données de Loeb [2] (gélatine en poudre traitée par l'acide acétique $\frac{M}{128}$, lavée, puis chauffée à 50° pour fusion en masse. Les gélatines d'autres P_H sont préparées à partir de gélatine isoélectrique par dissolution du gel à 40° et addition à cette température de HCl ou NaOH) ; mesures potentiométriques du P_H sur la solution à froid ou à 40°, suivant les expériences.

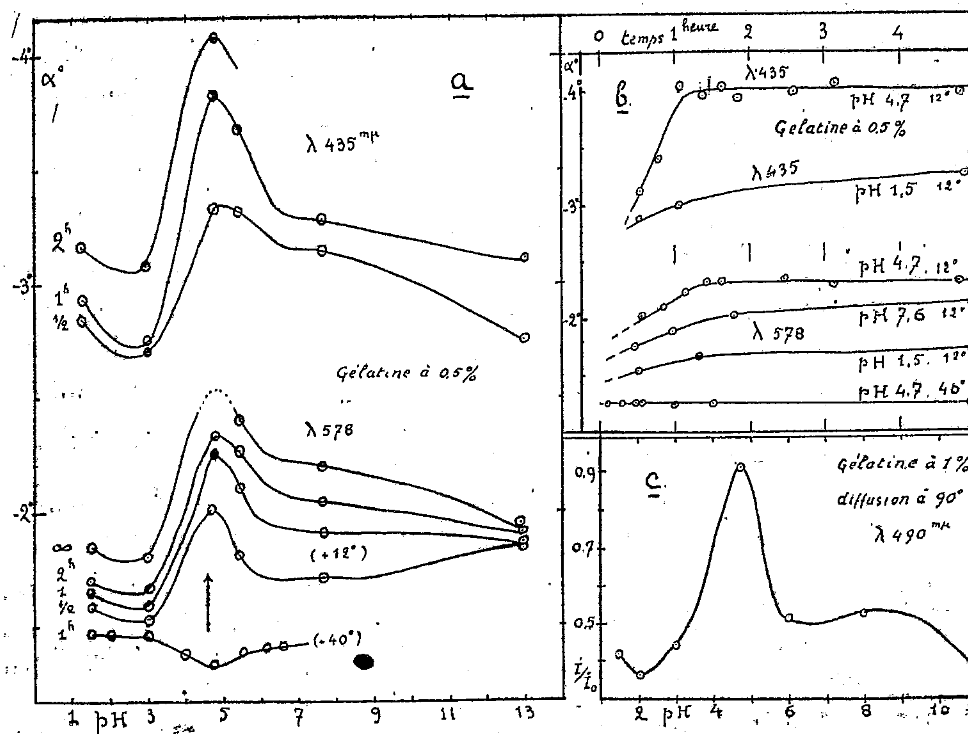
L'examen du pouvoir rotatoire de la gélatine, qui soulève tout une série de problèmes techniques compliqués, a nécessité l'étude accessoire des propriétés de la lumière diffusée en fonction du P_H, celle de la multirotation en fonction de la température, et celle aussi de la dispersion rotatoire.

---

(1) Séance du 2 février 1925.

(2) Loeb, *Proteins and the Theory of colloïdal behavior*, 1re édition, 1922, p. 35. Mc Graw-Hill Cy, New-York.

1° *Diffusion.* — Pour tenir compte de causes éventuelles d'erreurs pouvant provenir d'une polarisation par diffusion dans le milieu trouble de la gélatine, fortement opalescente pour certains P_H et certaines concentrations, on a étudié au néphélomètre la diffusion et la polarisation de la lumière diffusée (λ 490, photomètre Yvon modifié). Comme il fallait s'y attendre, la lumière diffusée présente à la température ordinaire un maximum au point isoélectrique 4,7, et des minima vers P_H 2,6 et 13 (courbe *c* de la figure); la polarisation, pouvant atteindre 60 pour 100 à 90°, décroît et devient pratiquement négligeable (moins de 5 pour 100) pour la diffusion axiale, ce qui est conforme aux données de Mie pour des milieux troubles d'autre nature.



a et *b*. Multirotation de la gélatine en fonction du P_H otation α de solutions à 0,5 pour 100 en tubes de 20cm, pour λ 578 et 435, températures de 12 et 40°): *c*. Lumière diffusée à 90° × 10² (I, lumière diffusée I_0, lumière incidente), en fonction du P_H.

2° *Multirotation.* — A la température ordinaire (12-18°) l'échantillon récemment préparé évolue pendant les premières heures, comme l'ont vu Trunkel et Smith; mais cette évolution est fonction du P_H. Le pouvoir rotatoire (négatif) croît, en valeur absolue, plus rapidement au point iso-

électrique. La pente initiale est plus grande à courte longueur d'onde (λ434) et à faible température. Par contre, pour des échantillons conservés et observés à la température initiale du gel (40°), la variation avec le temps est pratiquement nulle au point isoélectrique pendant les premières heures. L'évolution à froid en fonction du P_H aboutit, dans les produits finaux, à un fort maximum en valeur absolue du pouvoir rotatoire vers P_H 4,7 encadré de deux minima, l'un vers P_H 3, l'autre vers les forts P_H; comme la rotation elle-même, il est plus accentué en lumière bleue qu'en lumière jaune; ce maximum augmente en fonction du temps, et l'état initial des échantillons, obtenu par extrapolation des courbes, doit correspondre à un faible minimum de la rotation au point isoélectrique. Effectivement des mesures de P_H faites à 40°, en parallèle avec des mesures de rotation à cette température, montrent un léger minimum de rotation vers P_H 4,7.

Il semble donc que la multirotation ne soit, comme l'avait entrevu Smith, que la transformation lente à froid d'un système de formes stables existant vers 40° en un système stable à basse température, l'atteinte de ce dernier équilibre étant retardée par la viscosité du système froid. L'aboutissement final de la transformation paraît indépendant du chemin suivi par le refroidissement, si le temps donné à l'équilibre est suffisant. Le développement du maximum de rotation à froid se fait parallèlement au développement de l'opalescence, de sorte que la transformation de l'équilibre à chaud en équilibre à froid s'accompagne d'une modification de structure physique.

3° *Rotation en fonction du* P_H. — La rotation en fonction du P_H présente donc une valeur singulière au point isoélectrique, maximum pour une température de 12-15°, minimum pour 40°. On pourrait songer à expliquer l'existence du maximum par l'intervention de la structure physique du système, en supposant que pour la phase dispersée l'état particulaire est capable de masquer l'action moléculaire sur la lumière polarisée, et que la rotation de la phase interparticulaire reste seule en jeu; mais il faudrait admettre que la substance ainsi éliminée de la lumière polarisée est dextrogyre : or aucun des essais de fractionnement de la gélatine (Smith, Lloyd, etc.) n'a jusqu'ici isolé de fractions droites. D'autre part des corps actifs non protéiques, comme l'acide tartrique, ou la nicotine (¹), présentent en fonction du P_H une variation progressive de la rotation, qu'on pourrait supposer en première approximation représenter un équilibre entre une molécule indissociée et ses ions, possédant des rotations inégales. Il faudrait, pour expli-

(¹) Mlle J. Liquier, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 269.

quer le comportement de la gélatine, supposer le schéma d'un ampholyte dont chacune des valences serait susceptible de donner lieu à des modifications de ce type, le résidu de dissociation ayant à froid une plus forte rotation que les formes dissociées.

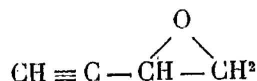
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le glycol* $CH \equiv C - CHOH - CH^2OH$. Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Haller.

Dans une précédente Note [1] j'ai indiqué comment, par une action ménagée de l'aldéhyde monochlorée sur le dérivé magnésien mixte de l'acétylène, on pouvait obtenir la chlorhydrine



Partant de celle-ci je suis arrivé au glycol correspondant en passant par son oxyde d'éthylène.

L'oxyde



est un liquide incolore, d'une odeur forte rappelant beaucoup celle de l'oxyde mixte de méthyle et de propargyle. Il bout à 86°-87° sous 760^{mm} et cristallise quand on le refroidit par un jet de chlorure de méthyle. A 23° sa densité égale 0,945 et son indice, pour la raie D, 1,427, ce qui implique une réfraction moléculaire égale à 18,47, la théorie exigeant 18,21. Cet oxyde précipite le nitrate d'argent alcoolique et le chlorure cuivreux ammoniacal. On en obtient 8^g à 9^g quand à 23^g de chlorhydrine, additionnée de 4^{vol} d'éther, on ajoute par très faibles portions, et en agitant chaque fois, 15^g de potasse sèche pulvérisée finement. Une heure après l'addition finale on filtre et l'on distille le filtrat.

Le glycol



est un solide cristallisé fondant à 39°,5-40°,5. On l'obtient avec un rendement de l'ordre de 90 pour 100 en maintenant à 100° pendant 20 heures le bas d'un tube scellé contenant 8^g de l'oxyde d'éthylène précédent et 14^g d'eau. On agite de temps en temps; l'oxyde, qui surnage d'abord,

(1) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1606.

disparaît à la vue en une dizaine d'heures avec contraction de l'ensemble. On chasse l'eau à 30° par distillation dans le vide, le glycol reste alors dans le ballon sous forme d'un liquide épais qui cristallise par refroidissement à la température ambiante, formant une masse compacte. Après lavage avec un peu d'éther il est complétement pur. Il est d'ailleurs soluble moyennement dans ce solvant qui, par évaporation, l'abandonne cristallisé; beaucoup des cristaux ainsi obtenus ont l'aspect de triangles paraissant équilatéraux; ils sont légèrement déliquescents.

Ce glycol, en solution dans l'alcool, précipite le nitrate d'argent alcoolique, mais l'addition d'un peu d'eau fait disparaître le précipité, qui réapparaît par une nouvelle addition d'alcool. Le nitrate d'argent ammoniacal ne précipite qu'en présence d'alcool (il y a ultérieurement production d'argent métallique). Quant au chlorure cuivreux ammoniacal, quelles qu'aient été les proportions des deux corps mis en œuvre, il n'a pas donné de précipité. Ce fait m'avait conduit à douter de la formule que j'attribuais au composé que j'étudiais, mais il était difficile de lui en attribuer une autre. En effet une cryoscopie acétique (abaissement 0°,54) lui attribuait 88 pour poids moléculaire, et l'analyse indiquait : carbone 56,27, hydrogène 7,02; il fallait 86; 55,81; 6,97.

Pour établir, dans ce corps, l'existence de deux fonctions alcool je l'ai attaqué par l'isocyanate de phényle (2g,49 pour 0g,867); le mélange, chauffé dans un petit tube scellé au bain-marie, se parsema de cristaux après quelques heures; au bout de 10 heures tout liquide avait disparu. Comme on n'avait obtenu qu'un corps, et qu'on avait mis en jeu une molécule du corps suspecté pour deux de carbanile, on avait donc bien affaire à un glycol. La diphényluréthane brute, ainsi préparée, fond de 130° à 133°, elle se dissout assez bien dans le benzène bouillant d'où, par refroidissement, elle se dépose en poussière cristalline fondant à 134°-134°,5. Pour un abaissement de 0°,15 une cryoscopie acétique assigne à celle-ci un poids moléculaire 333, la théorie voulant 324. Cette uréthane, dissoute dans l'éther, donne, avec le chlorure cuivreux ammoniacal, un précipité jaune pulvérulent.

On peut titrer le glycol acétylénique par le brome en solution chloroformique tiède. La décoloration se poursuit jusqu'au moment où l'on a ajouté deux atomes d'halogène, après la coloration reste orangée. En évaporant alors le chloroforme à l'air, on voit apparaître des cristaux que l'on purifie en les dissolvant dans du benzène bouillant, par refroidissement il se dépose une poudre cristalline fondant à 47°-48°; l'évaporation du

solvant fournit le même corps en jolies aiguilles prismatiques. On y a trouvé 65,71 pour 100 de brome au lieu de 65,04; une cryoscopie acétique pour 0°,24 d'abaissement a donné 254, théorie 246.

On a donc ici un corps acétylénique vrai qui ne donne pas de précipité avec le chlorure cuivreux ammoniacal, probablement non pas parce qu'il ne réagit pas, mais parce que, grâce sans doute à la présence de ses deux oxhydriles, le composé formé est soluble dans l'eau. Il en est de même avec le nitrate d'argent ammoniacal; nous sommes donc conduit à admettre que ces deux réactifs si classiques peuvent se trouver en défaut quand il s'agit de reconnaître si un corps est acétylénique vrai.

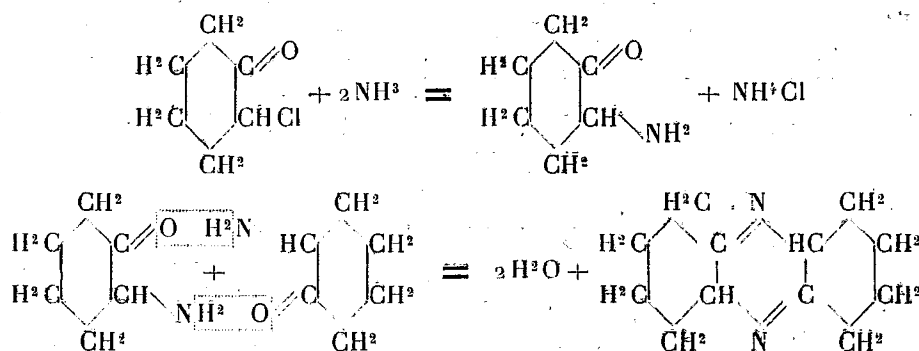
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'octohydro-phénazine.* Note (1) de M. **Marcel Godchot**, présentée par M. Haller.

L'α-monochloro-cyclohexanone, préparée pour la première fois par Bouveault et Chereau par chloruration directe de la cyclohexanone (2), peut s'obtenir aujourd'hui avec un excellent rendement par le procédé à la chloro-urée de M. Dœteuf. Cette substance, fusible à + 23°, est susceptible de réagir avec l'ammoniaque et la présente Note a pour but de faire connaître les résultats obtenus dans cette réaction.

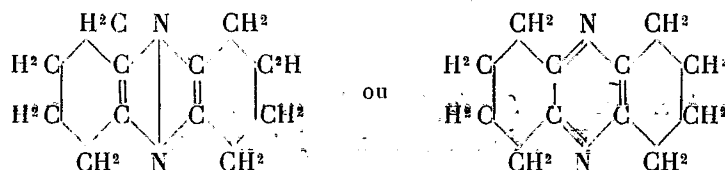
En saturant à froid par le gaz ammoniac sec une solution de 28g de cétone dans 200g d'alcool absolu et en abandonnant le tout pendant 24 heures, on constate le dépôt de 8g de chlorhydrate d'ammoniaque; on essore ce sel et l'on évapore la solution alcoolique; on traite le résidu par une solution étendue d'acide chlorhydrique qui dissout la base engendrée. Après l'avoir débarrassée par une agitation à l'éther, des produits neutres constitués surtout par de la cétone chlorée n'ayant pas réagi, cette solution est alcalinisée par une lessive étendue de potasse. La base se précipite (8g). Par cristallisation dans l'acétone, on l'obtient sous forme de magnifiques prismes, tricliniques, fusibles à 107°-108°, légèrement jaunâtres et possédant une belle fluorescence bleue en solution. Ce composé est doué d'une très grande stabilité.

(1) Séance du 2 février 1925.
(2) *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1086.

L'analyse élémentaire, la cryoscopie dans le benzène (poids moléculaire trouvé : 185 au lieu de 188), les différentes propriétés chimiques permettent d'affirmer que l'action de l'ammoniaque sur l'α-monochloro-cyclohexanone conduit à la formation de l'octohydro-phénazine $C^{12}H^{16}N^2$ et l'on peut rendre compte de sa genèse de la façon suivante :



Cette décahydrophénazine s'oxyde spontanément en perdant deux atomes d'hydrogène pour donner finalement l'octohydrophénazine possédant l'une ou l'autre des formules de constitution suivantes, rappelant celles attribuées à la phénazine :



Signalons, du reste, que cet octohydrophénazine avait été déjà entrevue, en 1922, par M. Guiseppe Plancher qui l'avait obtenue accessoirement en faisant réagir, d'après la méthode de Hantzsch, l'ammoniaque aqueuse sur un mélange de chlorocyclohexanone et d'éther acétylacétique, en vue de préparer le tétrahydro-α-méthylindol.

L'octohydrophénazine, en solution tétrachlorocarbonique, fixe deux atomes de brome pour donner un dérivé dibromé, $C^{12}H^{16}N^2Br^2$, constitué par de belles aiguilles rouge orangé, fusibles vers 70° en se décomposant.

En solution alcoolique, cette base donne avec une solution saturée d'acide picrique un picrate $[C^{12}H^{16}N^2 + C^6H^2.OH.(NO^2)^3]$, formé par de petits mamelons jaunes, fusibles à 167-168°.

Traitée en solution aqueuse chlorhydrique, cette base donne avec une

solution chlorhydrique de chlorure de platine un précipité cristallisé jaune orangé, constitué par le chloroplatinate $[C^{12}H^{16}N^2.HCl]^2.PtCl^4$ (Pt pour 100 : 24,94; calculé : 24,95).

Chauffée pendant six heures en tube scellé, à 100°, avec de l'iodure de méthyle et de l'alcool méthylique, l'octohydrophénazine donne naissance à l'iodométhylate, $C^{12}H^{16}N^2.CH^3I$, prismes vert violacé commençant à fondre en se décomposant vers 150°.

Enfin, si à une solution de la base dans l'alcool absolu, on ajoute de l'acide chlorydrique gazeux et sec et si l'on précipite ensuite par l'éther absolu, on obtient des cristaux prismatiques qui, purifiés par recristallisation dans l'alcool absolu, sont fusibles à 116°-117°. Ces cristaux ont la composition du chlorhydrate $C^{12}H^{16}N^2.HCl$.

Dans l'espoir d'obtenir les homologues monométhylés de la phénazine octohydrogénée, nous avons fait réagir l'ammoniaque comme précédemment sur la méta-méthylcyclohexanone monochlorée et sur la paraméthylcyclohexanone monochlorée. Ces essais ne nous ont donné aucun résultat satisfaisant : on obtient des composés basiques, mais ceux-ci se présentent sous la forme d'huiles épaisses, indistillables même dans le vide et constituées vraisemblablement par des produits de condensation très avancée dont l'étude nous a paru impossible.

MINÉRALOGIE. — *Sur la formation de l'ambre mat naturel.* Note de M. **Charles Chéneveau.**

Les expériences précédemment décrites (¹) sur les milieux troubles solides résineux peuvent donner quelques indications sur la formation de l'ambre mat naturel.

Les gisements d'ambre les plus importants, dont je m'occuperai seulement dans cette Note, sont situés au voisinage de Kœnigsberg, dans des couches de « terre bleue » appartenant aux terrains oligocènes et constituant le fond de la mer Baltique. On admet qu'ils ont été produits par des coulées de résine provenant d'un conifère aujourd'hui disparu, le *Pinus succinifer*, formant dans cette région de vastes forêts. L'origine de l'ambre

(¹) *Comptes rendus*, t. 180, 1925, p. 136.

transparent est donc superficielle, et la meilleure preuve, c'est qu'il contient souvent des insectes qui se sont englués au moment de la coulée.

On peut attribuer la matité du succin à des phénomènes d'oxydation, mais aussi à ce fait que l'ambre transparent a été en contact avec de l'eau à une température permettant au moins de le rendre plastique.

De nombreux échantillons de cette substance montrent non seulement l'existence de sphérules et du sillage tracé par leur déplacement, mais la présence d'eau dans les globules superficiels peut être décelée par l'éosine. La forme sphérique, plutôt qu'ellipsoïdale, de ces gouttes, leurs dimensions, n'indiquent ni une très grande pression, ni une température très élevée, ni, par conséquent, une très grande cohésion au moment de leur formation. D'ailleurs, si la matière avait été décomposée, par fusion à l'air, les bulles, dues à cette décomposition spontanée, l'auraient laissée transparente et non laiteuse.

J'ai fait quelques essais sur des colophanes de formation récente, provenant de pins maritimes.

J'ai pu rendre mate à 50° environ, sous la pression atmosphérique, une colophane d'un mois qui devient déjà superficiellement plastique dans l'eau à 40°. La méthode de cuisson dans l'eau colorée à l'éosine a montré la présence, à la surface de la résine, de gouttes d'eau et de leur sillage. La colophane fondue devient rapidement mate par formation d'une émulsion produite par une infinité de gouttes d'eau dispersées dans la résine, mais elle a changé de forme, s'est décomposée, et n'est plus comparable à la matière naturelle. Une colophane plus ancienne (1 an) paraît matir à une température un peu plus élevée.

Dans les mêmes conditions, une gomme de pêcher ou de cerisier, plus ou moins récente, ne matit pas, mais gonfle et forme un gel. L'influence de la constitution chimique apparaît donc nettement, la gomme de pin contenant des terpènes et acides polyterpéniques, et la gomme de cerisier ou de pêcher étant formée par des hydrates de carbone; la dispersion de l'eau n'est plus la même dans ces matières, certainement à cause de leur différence de solubilité dans ce liquide.

Une résine nouvelle paraît donc se comporter comme une résine fossile, du point de vue de sa matité par l'eau, mais à une température et sous une pression beaucoup plus basses, et la production de cette opacité sera d'autant plus lente que ces grandeurs seront plus petites.

Il est alors permis de supposer qu'à l'époque tertiaire, l'influence de la

température des régions baltiques, alors tropicales, jointe d'ailleurs à l'action du temps qui a fait largement son œuvre, ait suffi à rendre mat l'ambre transparent, à la pression atmosphérique, en présence d'eau qui vraisemblablement venait du sol où la résine avait coulé. C'est ce que je tenais à signaler à l'attention des géologues et des préhistoriens.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Nouvelles observations sur l'orientation de l'iodure d'ammonium par le mica muscovite.* Note de M. L. **Royer**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai montré récemment [1] que les accolements réguliers très parfaits de l'iodure d'ammonium sur le plan p (001) du mica muscovite se font d'une manière dissymétrique par rapport au plan g^1 (010) du mica, et semblent ainsi mettre en évidence l'absence de plan de symétrie et d'axe binaire dans ce mica. Il paraissait résulter de là que la muscovite serait anorthique, et que chaque cristal de cette espèce se composerait de nombreuses lames maclées entre elles, symétriques les unes des autres par rapport au plan g^1 et accolées suivant p.

Un fait nouveau, bien curieux, vient modifier cette conclusion. Lorsqu'on étudie l'orientation de l'iodure d'ammonium sur les deux faces d'un clivage récemment pratiqué dans un cristal de muscovite, on constate toujours, sans aucune exception, que ces deux faces, qui étaient en contact avant clivage, donnent au sel les deux orientations inverses, symétriques l'une de l'autre par rapport au plan g^1.

Lorsque après cristallisation de l'iodure d'ammonium on replace les lames dans leur position initiale, le sommet ternaire du cube est vers le haut pour la lame inférieure et vers le bas pour la lame supérieure. Les sections triangulaires montrent la même orientation. Elles correspondent donc aux deux positions possibles du cube, symétriques l'une de l'autre par rapport au plan a^2 (112) du sel qui coïncide avec le plan g^1 du mica.

Le fait s'observe d'une manière particulièrement frappante si l'on clive la lame de mica en maintenant l'un de ses bords serré dans un étau, afin de ne pas pousser le clivage jusqu'à séparation complète. La fente ayant été ouverte par pliage de l'une des lames, on détermine la cristallisation d'iodure d'ammonium sur les deux faces du clivage, puis on rabat la lame

(1) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1610.

pliée sur l'autre. On constate alors, sous le microscope, qu'en tout point la loi ci-dessus énoncée se vérifie, et que, notamment, lorsque l'arrachement du clivage a produit des escaliers, celles de ces limites, le long desquelles l'orientation du sel change sur l'une des lames, se retrouvent identiques sur l'autre lame.

Il résulte de là que, de deux plans réticulaires p séparés par clivage, l'un agit sur l'iodure d'ammonium pour lui donner l'une quelconque des deux orientations possibles, l'autre pour lui donner l'autre orientation, symétrique de la première par rapport au plan de symétrie ou à l'axe binaire du mica. Il faut pour cela que les deux strates de molécules que le clivage sépare soient individuellement dépourvues de plan de symétrie ou d'axe binaire, mais que ces deux strates soient symétriques l'une de l'autre par rapport au plan g^1. La muscovite est donc bien clinorhombique. Le plan g^1 est bien pour elle un plan de symétrie. Mais c'est un plan de symétrie *avec glissement* (*Gleitspiegelebene* de Schœnflies). Les plans réticulaires p ne sont identiques que de deux en deux. Il n'y a pas macle à proprement parler, mais alternance régulière, dans la structure du cristal homogène de mica, de deux sortes de strates p. L'équidistance de 10 Å environ, mesurée par divers auteurs pour le plan p de la muscovite est la distance de deux de ces plans p *non identiques*. Le véritable paramètre est double.

L'accolement de l'iodure d'ammonium permet d'ailleurs de déterminer très exactement le réseau du mica ainsi que la grandeur moléculaire de sa maille.

Cette observation est à rapprocher de celle qui a été faite par Mauguin [1] et confirmée par Grandjean [2] au sujet de l'orientation des corps nématiques par le même mica. L'existence constante d'une torsion de 60° environ du corps nématique, dans une fente de clivage de muscovite, alors que l'on n'observe jamais l'orientation sans torsion, conduit à la même conclusion que l'accolement de l'iodure d'ammonium. Deux plans réticulaires p contigus ne sont jamais identiques, mais bien symétriques l'un de l'autre par rapport au plan de symétrie du mica.

Il est bien remarquable aussi que l'orientation mutuelle, pour les corps mésomorphes comme pour les cristaux, se révèle ainsi comme dépendant principalement, sinon uniquement, de la dernière couche superficielle de

---

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1246.
(2) *Bull. Soc. Min.*, t. 39, 1916, p. 164.

molécules. Elle constitue un phénomène d'une extraordinaire sensibilité à cet égard, et capable de mettre en évidence la symétrie d'une strate unique de molécules parallèle à un plan réticulaire, et non pas seulement la symétrie de l'ensemble de l'édifice cristallin.

HYDROLOGIE. — *Analyse d'eaux thermales de Chaudesaigues (Cantal).* Note de M. Ch. Lormand, présentée par M. G. Urbain.

Les eaux thermales de Chaudesaigues (Cantal) sont remarquables par leur température élevée qui atteint 81°. Elles se rangent parmi les plus chaudes d'Europe et viennent en première ligne, à ce point de vue, dans la liste des eaux françaises.

La station de Chaudesaigues a fait l'objet d'une étude géologique de M. De Launay (1). Les sources, au nombre de 25 environ, proviennent d'une colonne unique dans un massif de gneiss. Étant donnée la ramification de cette colonne en de multiples sources, la température varie à chaque point d'émergence. La source la plus élevée (source du Par) a une température de 80°,4; la source la moins élevée a une température de 58°. La source utilisée par l'établissement thermal a une température de 65°.

Les analyses de ces eaux figurant à l'*Annuaire des eaux minérales* ont été effectuées en 1828, par Chevallier, et en 1850, par Blondeau. Une analyse plus récente, 1894, n'aurait porté que sur 1^l d'eau. En outre, les mesures de radioactivité n'ayant pas été effectuées, nous avons procédé sur place à ces mesures et prélevé un échantillon de 60^l à la source du Par et à la source de l'Établissement thermal, en vue d'une analyse complète.

Les eaux de Chaudesaigues, limpides à l'émission, présentent en se refroidissant une très légère opalescence.

	Source Établ. thermal.	Source du Par.
Température au moment du prélèvement...	16°	16°
Température de l'eau ...	65°	81°
Radioactivité (millimicrocuries par litre)...	0,237	0,256
Radium dissous (émanation accumulée pendant 30 jours)...	$3,82 \times 10^{-12}$	$6,21 \times 10^{-12}$

(1) *Annales des Mines*, 10e série, t. 9, 1906, p. 34.

A aucun des griffons, on ne peut observer le dégagement de gaz spontanés. Ceux-ci n'ont donc pu être étudiés.

Alcalinité P_H ($t = 70°$) mesurée sous couche d'huile	6,8	6,8
Résidu sec	0,869	0,857
Éléments électropositifs :		
Potassium K	0,006	0,005
Sodium Na	0,291	0,275
Lithium Li	0,00073	0,001
Ammoniaque NH^3	0,0002	0,0002
Magnésium Mg	0,00654	0,00544
Calcium Ca	0,02456	0,02369
Radium	$3,82 \times 10^{-12}$	$6,21 \times 10^{-12}$
Aluminium	0,0008	0,0004
Fer	0,00053	0,00091
Manganèse	0,0006	0,0007
Éléments électronégatifs :		
Chlore Cl	0,075	0,075
Brome Br	traces	traces
Iode I	traces	traces
Fluor F	0,01	0,01
Acide sulfurique en SO^3	0,0216	0,0248
Acide sulfurique en SO^4	0,0258	0,0297
Acide sulfhydrique H^2S	0	traces non dosables
Acide phosphorique P^2O^5	0	0
Bore	traces	traces
Silice SiO^2	0,07826	0,07668
Arsenic en AsO^4H	0,00033	0,00033
Acide azotique NO^3H	0,002	0,0018
Acide azoteux NO^2H	0	0
Débit (m^3 à l'heure)	6,3	18,3
Hororadioactivité (microcuries)	1,422	4,608
Puissance radioactive (milligr. de radium)	0,190	0,614

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la vase atmosphérique et la mer de nuages. Observations faites au Pic du Midi.* Note de M. C. Dauzère, présentée par M. M. Brillouin.

La transparence de l'air est souvent diminuée par la brume sèche, constituée par des poussières plus ou moins fines qui se comportent comme des particules très petites en suspension dans l'eau; elles tombent lentement et s'accumulent dans les bas-fonds, où elles forment ce qu'on a appelé la vase atmosphérique.

Quand les poussières sont très fines et largement disséminées, elles diminuent peu la transparence, et la vase atmosphérique, dans laquelle nous sommes plongés, est invisible pour nous. Pour l'apercevoir, il faut se placer en dehors d'elle, c'est-à-dire à une altitude assez grande, et avoir devant soi une coupe verticale des diverses couches de l'atmosphère. Cette coupe est fournie par une chaîne de montagnes s'élevant brusquement au-dessus de la plaine.

Il n'est pas de meilleure coupe verticale de l'atmosphère que celle qui est formée par la chaîne des Pyrénées devant l'Observatoire du Pic du Midi. Quand on prend l'habitude de l'examiner, à toutes les heures de la journée, on ne tarde pas à apercevoir la vase atmosphérique, qui remplit le fond des vallées; elle forme une sorte de voile blanchâtre, d'aspect uniforme, à travers lequel la base des montagnes prend une teinte bleu grisâtre, sans aucun détail apparent. La vase atmosphérique paraît limitée, en général, à un plan horizontal, parfaitement net, dont l'altitude est facile à apprécier par comparaison avec les sommets d'altitude connue qui se trouvent sur son trajet. En réalité, dans une mince couche située à cette hauteur, la transparence subit une augmentation très forte et très brusque, lorsque l'altitude croît : *Le niveau supérieur de la vase atmosphérique nous apparaît ainsi comme une surface plane, horizontale, bien déterminée.*

Le phénomène est particulièrement net, quand on regarde du côté du soleil, principalement dans l'après-midi vers le Sud-Ouest, où les pentes abruptes de l'Ardiden forment un mur presque vertical au-dessus de la Vallée de Luz.

Quand on observe la vase atmosphérique pendant une journée, on ne tarde pas à reconnaître que son niveau supérieur éprouve du matin au soir quelques changements. Il est le plus bas possible au lever du soleil; il monte à mesure que le soleil s'élève et continue à monter, mais plus lentement, dans l'après-midi, jusqu'à une heure difficile

à déterminer, qui est voisine de celle du maximum journalier de la température; on voit ensuite ce niveau baisser lentement jusqu'au coucher du soleil, il est probable qu'il continue à baisser pendant la nuit. L'amplitude de ces variations est de l'ordre de 100 à 200^{m}. D'autres variations plus importantes du niveau de la vase atmosphérique sont en relation, d'une façon encore mal connue, avec les conditions météorologiques.

Les poussières sont des noyaux de condensation pour la vapeur d'eau; aussi y a-t-il une relation très nette entre la vase atmosphérique et les nuages inférieurs, qui constituent la *mer de nuages*, si souvent observée au-dessous du Pic. Celle-ci se forme en été dans l'après-midi; elle débute par de légers cumulus, éloignés les uns des autres et situés tous à la même altitude; *cette altitude est exactement celle du niveau supérieur de la vase atmosphérique, à la surface de laquelle les petits nuages paraissent flotter.* Ces nuages grossissent, se soudent entre eux et finissent par donner une nappe continue, plus ou moins mamelonnée, mais dont la surface moyenne horizontale est celle qui limitait précédemment la mer de brume. Souvent, les nuages, au lieu de se former sur place, viennent de la plaine et sont poussés par un vent léger vers les vallés pyrénéennes; or il est remarquable qu'ils suivent alors la surface de la mer de brume qui semble leur servir de guide. Sous l'action du vent, les nuages finissent par envahir toutes les vallées et par submerger la vase atmosphérique; ils montent parfois très haut et ne laissent plus apparaître que les sommets dont l'altitude est voisine de celle du Pic (2860^{m}). Vers le coucher du soleil, la force du vent diminue, le niveau de la mer de nuages s'abaisse; il continue à baisser pendant la nuit, et aux premières lueurs du jour les niveaux de la mer de nuages et de la mer de brume sont exactement les mêmes.

La hauteur moyenne de la mer de nuages et celle de la vase atmosphérique sont donc identiques; leur valeur commune est comprise d'habitude entre 1000 et 2000^{m}. Entre ces deux altitudes, se trouve une zone dont la transparence est souvent affaiblie, soit par la brume, soit par le brouillard; il y règne une forte humidité; c'est aussi à cette altitude que se tiennent les gros ions de M. Langevin. Le mouvement ascensionnel de l'air, qui donne naissance au cumulus, ne provoque plus de condensation au-dessus de cette zone, parce que les noyaux y deviennent beaucoup plus rares. D'ailleurs la condensation n'intervenant plus pour réchauffer l'air refroidi par détente, celui-ci perd très rapidement sa force ascensionnelle, et ne monte que fort peu au-dessus de la mer de nuages et de brume. C'est là l'explication d'un phénomène bien souvent observé : l'arrêt d'une colonne

d'air chaud ascendante (fumée) à une altitude bien déterminée, où elle s'étale, et qui est celle du niveau supérieur de la vase atmosphérique.

De même qu'il existe simultanément plusieurs couches de nuages à des hauteurs différentes, séparées par des nappes qui ne renferment aucune parcelle d'eau condensée, il existe aussi bien souvent plusieurs couches de brume superposées, séparées par des zones parfaitement transparentes. La couche inférieure est celle dont nous venons de parler; les autres s'aperçoivent nettement du haut du Pic dans la coupe verticale de l'atmosphère fournie par l'écran pyrénéen, quand on examine cet écran du côté du soleil, par exemple aux flancs de l'Ardiden dans l'après-midi. Toutes ces couches ont le même aspect que la plus basse, elles sont limitées comme elle par des plans horizontaux.

On ne tarde pas à reconnaître que ces couches de brume superposées, reconnues le long de la chaîne, se prolongent au-dessus des plaines, à des distances souvent très grandes. Elles font même quelquefois tout le tour de l'horizon; elles sont alors séparées de la ligne d'horizon par une zone claire, dont elles se distinguent par leur teinte gris sombre, tirant sur le rouge brique. Les épaisseurs et les altitudes moyennes de ces couches de brume sont extrêmement variables; il n'est pas rare d'apercevoir une de ces bandes au-dessus de la chaîne entre 3000 et 4000^m. *Les couches supérieures de la vase atmosphérique remplissent à l'égard des nuages élevés (alto-stratus, alto-cumulus) un rôle analogue à celui de la couche inférieure à l'égard de la mer de nuages.*

L'observation des phénomènes précédents nécessite un ciel découvert et une atmosphère peu agitée. Les vents violents et les pluies qui les accompagnent produisent un trouble général de l'atmosphère qui mélange les couches entre elles; le plus souvent la vase atmosphérique serait alors invisible du sommet du Pic qui est enveloppé par le brouillard.

MYCOLOGIE. — *Sur la nature des cystides chez les Basidiomycètes.* Note de M. R. Kuhner, présentée par M. P.-A. Dangeard.

On a beaucoup discuté sur la nature des cystides qui accompagnent les basides chez beaucoup de Basidiomycètes : les uns y voient de simples poils stériles analogues aux paraphyses des Ascomycètes : les autres les considèrent comme des intermédiaires entre ces paraphyses et les basides.

L'existence dans l'asque et la baside de fusions nucléaires dites « fusions

dangeardiennes » et qui entraînent, comme dans toute fécondation nucléaire, la nécessité d'une réduction chromatique a permis de porter la question de la nature des cystides sur son véritable terrain.

Déjà René Maire, ayant constaté que dans le *Stropharia semiglobata*, les deux noyaux des cystides se fusionnent quelquefois, pense qu'on peut les considérer « comme des basides spécialisées de bonne heure pour une sécrétion particulière et avortant par suite de ce changement de travail » [1].

Nos observations apportent des faits nouveaux et concluants à l'appui de cette hypothèse.

L'espèce choisie comme objet de cette étude est le *Mycena fellea* Lange. Elle a été récoltée sur souche de chêne aux environs de Paris et étudiée sur des exemplaires, les uns vivants, les autres fixés au liquide chromo-osmique de Laguesse avec coloration à l'hématoxyline ferrique après inclusion dans la paraffine.

Les coupes montrent une grande abondance d'hyphes vasculaires et de cystides.

Le contenu a le même aspect daus ces deux formations. Sur le frais, il est fragmenté en une multitude de gouttelettes réfringentes qui, ne se colorant pas par l'acide osmique, ne sont pas de nature huileuse.

Sur le matériel fixé et coloré, les gouttelettes ont disparu, mais l'on voit très distinctement les mailles correspondantes d'un fin réseau cytoplasmique.

Les hyphes vasculaires, qu'on trouve dans toutes les parties du carpophore, mêlées aux hyphes cloisonnées du tissu fondamental, ne sont jamais septées et contiennent de nombreux noyaux. Les cystides en sont complètement indépendantes, malgré la similitude de leur contenu. D'ailleurs elles sont binucléées à l'origine et il serait bien étonnant de voir une cloison isoler un article à deux noyaux au sommet d'une hyphe multinucléée.

La forme de la cystide de *Mycena fellea* est un fuseau qui s'insère peu profondément sur une cellule sous-hyméniale et dont l'extrémité libre est très saillante (de 30^{μ} au moins) et acuminée (*fig.* 1).

Cette cystide contient deux noyaux qui se fusionnent de bonne heure en une masse d'abord elliptique, puis arrondie, pourvue d'un nucléoplasme d'aspect homogène et de deux nucléoles bien séparés.

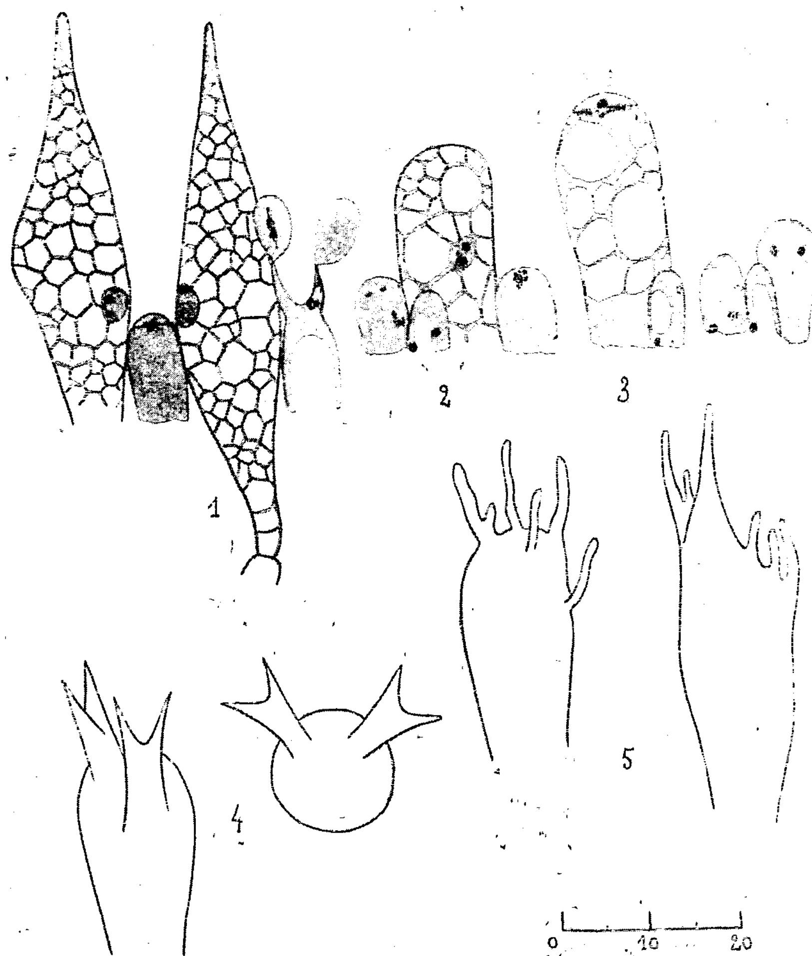
La fusion est donc en général incomplète, en ce qui concerne les nucléoles tout au moins.

Mais ces cystides subissent des variations assez considérables.

---

[1] René Maire, *Recherches cytologiques et taxonomiques sur les Basidiomycètes* (*Thèse*, 1902, p. 153).

Ainsi sur l'arête des lamelles, elles sont souvent hérissées à l'extrémité de diverticules ou digitations en nombre variable (*fig.* 5); sur les faces, on en



trouve dont le sommet arrondi obtus est moins émergent que d'habitude (*fig.* 2) : celles-ci ne diffèrent guère des basides jeunes que par leur taille plus grande et leur contenu à vacuoles nombreuses. Or il est intéressant de constater que cette analogie se poursuit jusque dans les phénomènes nucléaires.

En effet, tandis que dans la plupart des cystides, le noyau de fusion reste sans changement; il en est d'autres, très rares, dans lesquelles ce noyau entre en division : nous avons réussi après avoir examiné un grand nombre de préparations, à rencontrer une cystide avec au sommet une mitose nettement

caractérisée, comprenant un fuseau étroit, transversal et deux centrosomes. Cette mitose était au stade de la plaque équatoriale et sauf l'exiguïté de l'un des chromosomes, *elle ressemblait aux divisions ordinaires réductrices du noyau des basides*.

L'existence, constatée sur des échantillons frais, d'un petit nombre de cystides, à deux prolongements bicornus, ressemblant à ceux des basides qui, dans cette espèce, sont souvent bisporiques, vient compléter l'ensemble des preuves fournies par l'évolution nucléaire.

En résumé, les cystides, dans l'espèce étudiée, *ne peuvent être assimilées d'aucune façon aux paraphyses des Ascomycètes qui sont des poils stériles: elles représentent de véritables basides dans lesquelles une abondante sécrétion a eu pour résultat d'arrêter le développement normal à un stade variable de son évolution*.

Des observations en cours montreront jusqu'à quel point cette conclusion peut être généralisée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la teneur en oxygène de l'eau sur la respiration des plantes submergées.* Note [1] de MM. **A. Hée** et **R. Bonnet**, présentée par M. Guignard.

On sait depuis longtemps que les plantes peuvent vivre dans une atmosphère très pauvre en oxygène et dans l'oxygène pur aussi bien que dans l'air ordinaire. En outre, sauf le cas de certaines graines en germination chez lesquelles Godlewski [2] a observé une intensité respiratoire plus grande dans l'oxygène que dans l'air, on admet, à la suite des nombreux résultats expérimentaux de Johannsen, Stich, etc., que l'on peut faire varier, dans de très larges limites, la teneur en oxygène de l'atmosphère ambiante, sans changer d'une façon notable la respiration d'un végétal. Toutefois la plupart des mesures faites sur ce sujet l'ont été sur des végétaux aériens. Sur les plantes aquatiques nous ne possédons, à l'heure actuelle, que les données expérimentales fournies par Wurmser et Jacquot [3]

(1) Séance du 2 février 1925.

(2) Godlewski, *Beiträge zur Kenntniss der Pflanzenathmung* (*Jahr. f. wiss. Botan.*, t. 13, 1882, p. 491-543).

(3) Wurmser et Jacquot, *Sur la relation entre l'état physique du protoplasme et son fonctionnement. I. Photosynthèse* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 5, 1923, p. 305-315.)

dans un travail récent sur la photosynthèse. Ces auteurs y notent une augmentation considérable de la respiration de *Laminaria saccharina* en fonction de la tension de l'oxygène dans l'eau de mer. Malheureusement les chiffres donnés à cet égard sont peu nombreux et ne se rapportent qu'à une seule espèce d'Algue.

Nous avons recherché, en nous adressant à des plantes submergées vivant en eau douce, quelle pouvait être l'influence de la teneur du milieu en oxygène sur leur respiration.

Pour cela nous nous sommes servis de plantes entières, ou de fragments de plantes pourvus de racines, en bon état de végétation et appartenant aux espèces suivantes : *Elodea canadensis*, *Elodea densa*, *Myriophyllum spicatum*, *Cabomba caroliniana*. L'eau employée était enrichie en oxygène par passage d'un courant d'oxygène pur, ou bien privée d'une partie de ses gaz par chauffage. Les mesures ont été faites à l'obscurité, à température constante de 20°, à raison d'une par jour et au même moment de l'après-midi, afin que les plantes fussent dans des conditions d'expérimentation aussi identiques que possible, notamment au point de vue de la teneur en hydrates de carbone formés dans la matinée par exposition à la lumière. Elles ont porté sur une durée de 3 ou 4 heures suivant les séries. Le dosage de l'oxygène était fait par la méthode de Winkler, l'intensité de la respiration donnée par les variations de l'acidité de l'eau. Pour évaluer le P_H nous nous sommes servis d'une échelle colorée établie avec du rouge de crésol suivant les indications de Palitzscht [1]. Les plantes étaient mises en expérience dans des éprouvettes renfermant toujours la même quantité d'eau : 400^{cm^3}. Ces éprouvettes étaient remplies à l'aide d'un siphon et l'eau dans laquelle le végétal était immergé était recouverte d'une épaisse couche d'huile de paraffine afin d'empêcher la diffusion de l'oxygène dans l'air extérieur. L'eau d'une éprouvette témoin, remplie dans les mêmes conditions, servait à établir la teneur en oxygène et le P_H initial. Chaque plante servait à une série de mesures portant sur des teneurs variables de l'eau en oxygène. Les mesures étaient faites dans un ordre quelconque par rapport aux différentes valeurs de la tension de l'oxygène. A la fin de chaque série, nous nous assurions, par une mesure faite en eau normale, que la plante n'avait pas souffert au cours de l'expérimentation.

Quelques-uns de nos résultats expérimentaux, — lesquels seront donnés en totalité dans un prochain Mémoire, — sont consignés dans les tableaux suivants :

---

(1) *Comptes rendus Lab. Carlsberg*, t. 11, 1916, p. 199.

Teneur de l'eau en oxygène (en cm^3 par litre).	3,06.	6,24.	6,97.	9,59.	14,73.	17,24.	20,53.	23,91
Variations du P_H :								
Myriophyllum spicatum	0,17	0,16	0,19	0,20	0,19	0,22	0,28	0,25
Elodea densa	0,19	0,20	0,18	0,20	0,24	0,23	0,30	0,27
Cabomba caroliniana	0,21	0,21	0,23	0,21	0,17	0,20	0,26	0,22

Teneur de l'eau en oxygène (en cm^3 par litre).	2,98.	4,15.	6,83.	8,70.	14,11.	16,62.	18,74
Variations du P_H :							
Elodea canadensis I..............	0,19	0,22	0,26	0,23	0,24	0,24	0,26
» II..............	0,18	0,20	0,23	0,18	0,21	0,26	0,30

L'examen des chiffres ci-dessus montre avec évidence que l'intensité de la respiration n'est pas modifiée d'une façon sensible par les variations de la teneur en oxygène de l'eau. Tout au plus peut-on, dans quelques cas, attribuer à la grande richesse de l'eau en oxygène — l'eau normale dont nous nous sommes servis renferme de 6^{cm^3} à 7^{cm^3} d'oxygène par litre — une très légère augmentation de la valeur de la respiration. En tout cas, la variation observée n'est pas, à beaucoup près, de l'ordre de celle signalée par Wurmser et Jacquot pour *Laminaria saccharina*. Pour des teneurs en oxygène variant dans les mêmes limites que celles de nos expériences, ils relèvent en effet des variations d'intensité respiratoire allant de 1 à 6. Les techniques employées étant sensiblement les mêmes, nous ne pensons pas que cette contradiction soit d'ordre expérimental. Les Végétaux, comme les Animaux, se comporteraient-ils différemment vis-à-vis des changements de la teneur en oxygène du milieu, suivant le degré plus ou moins élevé de leur organisation? De nombreux auteurs, parmi lesquels Henze, Vernon, Thunberg, Krogh, ont montré que chez les Invertébrés, tout au moins chez ceux possédant des appareils circulatoire et respiratoire imparfaits, la respiration est sous la dépendance directe de la richesse en oxygène du milieu ambiant, alors qu'au contraire les échanges gazeux des animaux élevés en organisation ne sont nullement affectés par les variations en oxygène du milieu où ils vivent (travaux de Henze, Winterstein, etc.). Peut-être existe-t-il semblable différence entre les divers groupes de végétaux? C'est là une hypothèse que nous nous proposons d'essayer d'élucider en faisant porter nos recherches sur cette question sur des plantes appartenant à des classes aussi variées que possible.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sous quelle forme existent les tannins chez les Spirogyres.* Note ([1]) de M. E. **Michel-Durand**, présentée par M. M. Molliard.

On sait que beaucoup de Cryptogames renferment des principes tanniques; mais tandis que, chez les plantes à fleurs, les préoccupations d'ordre industriel ont amené les chercheurs à employer parallèlement les techniques microchimiques et l'analyse quantitative pour étudier l'évolution des tannins, les renseignements d'ordre quantitatif font presque entièrement défaut en ce qui concerne les végétaux inférieurs et en particulier les Thallophytes chlorophylliens. Il résulte des recherches microchimiques effectuées sur les algues que :

1° Un certain nombre d'algues vertes renferment du tannin dans leurs cellules;

2° D'après Van Wisselingh, dans les Spirogyres, les principes tanniques *sont en solution* dans le suc cellulaire, libres ou en combinaisons solubles avec certains composés ternaires ou quaternaires coexistant dans la vacuole; on sait, par contre, que dans la plupart des Phanérogames les tannins paraissent engagés *partiellement* dans des combinaisons tanno-mucilagineuses *insolubes* (Clark, Mell, Lloyd);

3° La présence du tannin paraît indispensable aux phénomènes qui aboutissent à l'édification de la membrane cellulaire des Spirogyres (Van Wisselingh).

Ces faits résultant d'études cytologiques et microchimiques ayant porté notamment sur les Spirogyres, il m'a paru intéressant de déterminer quantitativement le tannin de ces végétaux.

Les algues sont placées après leur récolte dans l'eau où elles végètent normalement pour leur transport au laboratoire; la masse verte est centrifugée, puis séchée rapidement entre des feuilles de papier buvard, divisée en deux lots pesés séparément :

11g,800 ont été soumis à l'analyse; 1g,150 mis à l'étuve à dessécher, ont donné 0g,120 de substance sèche, environ $\frac{1}{10}$ du poids frais.

La masse à analyser a été traitée suivant la technique déjà exposée dans une précédente Note.

I. *Traitement cétonique* ([2]). — Après broyage au mortier avec du sable pur,

---

([1]) Séance du 2 février 1925.

([2]) Michel-Durand, *De l'état des tannins dans la cellule végétale* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 586).

le produit est épuisé dans un appareil de Soxhlet pendant 4 heures avec de l'acétone, au bout de ce temps le dissolvant qui filtre n'est plus coloré; on laisse la cartouche contenant les tissus végétaux pendant 24 heures dans le tube de Soxhlet en contact avec un excès d'acétone; le dissolvant resté dans le tube prend la teinte verte de la chlorophylle, mais ne donne aucune coloration appréciable avec l'alun de fer.

2. *Traitement aqueux.* — Le résidu restant sur le filtre est repris par 100^{cm^3} d'eau distillée et chauffée dans une atmosphère de vapeur d'eau, à l'abri de l'air, à 100° pendant un quart d'heure; par filtration on obtient un liquide opalescent qui prend la coloration à peine perceptible des tannins avec l'alun de fer, mais se colore en bleu intense par l'iode.

Le liquide cétonique résiduel (obtenu par concentration) et le liquide aqueux sont divisés chacun en deux parties égales A et B.

Dans le liquide A, on dose les tannins par la méthode Carpene-Sixley; dans le liquide B, on dose les monosaccharides et les polysaccharides facilement hydrolysables; enfin, dans le résidu insoluble, on dose également les polysaccharides facilement hydrolysables.

Les résultats des analyses sont exprimés en milligrammes.

Poids		Tannins			Hydrates de carbone		
frais.	sec.	solubles dans l'acétone.	solubles dans l'eau.	Total.	solubles dans l'acétone.	facilement hydrolysables.	Total.
$11^g,800$	$1^g,220$	35	1	36	50	370	420

100^g de substance sèche renferment donc 3^g de tannin et 35^g d'hydrates de carbone réducteurs ou facilement hydrolysables.

On voit donc que, dans les Spirogyres, le taux en principes tanniques est d'environ 3 pour 100 du poids sec, concentration relativement élevée puisqu'elle est voisine de celle de certains glands de chêne; un bon tiers de la substance sèche de cette algue est représenté par des hydrates de carbone réducteurs ou facilement hydrolysables; enfin, l'algue verte analysée ne contient plus qu'une proportion infime de tannin après l'action de l'acétone. Par conséquent, *les tannins des Spirogyres sont entièrement solubles dans l'acétone.*

Dans les tissus où les recherches cytologiques et microchimiques de nombreux auteurs et en particulier de Clark, Mell, Griebel et Schäfer [1],

[1] GRIEBEL und SCHÄFER, *Zur Zusammensetzung der Inklusen, gleichzeitig ein Beitrag zur Kenntniss der Vorgänge beim Teigigwerden der Früchte* (*Zeitschr. Untersuch. Nahrungs- und Genussmittel*, t. 37, 1919, p. 97-111). — CLARK, MELL, LLOYD, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 586-587.

Lloyd ont mis en évidence la présence de combinaisons insolubles tanno-mucilagineuses (plantes supérieures), j'ai montré que l'acétone n'enlevait effectivement qu'une partie du contenu tannique.

Dans les Spirogyres où les recherches cytologiques et microchimiques analogues ont montré d'une part que le tannin est en solution dans le suc cellulaire, d'autre part, l'absence du complexe tanno-mucilagineux insoluble, je constate que la presque totalité du tannin est enlevée par l'acétone.

Les résultats fournis par l'analyse quantitative confirment donc ceux qui ont été obtenus par l'examen cytologique. Les conclusions de ma précédente Note, relative à l'extraction des tannins dans les plantes supérieures, se trouvent ainsi vérifiées par ces nouvelles recherches sur une algue verte.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les caractéristiques différentielles du fonctionnement des cônes et des bâtonnets rétiniens.* Note de M. **Henri Piéron**, présentée par M. Henneguy.

L'œil de l'homme normal comporte, étroitement intriquées, une rétine diurne à cônes, qui entre seule en jeu en cas de forte lumière, et une rétine nocturne à bâtonnets, qui fonctionne seule aux faibles éclairements.

Normalement, la variabilité dans les proportions respectives de collaboration des cônes et des bâtonnets entraîne une variabilité corrélative dans les caractéristiques de la formation de l'impression lumineuse, du fait que les caractéristiques propres des deux catégories d'éléments récepteurs sont nettement différentes.

1° *Coefficients de luminosité des lumières spectrales.* — Le coefficient de visibilité relative de chaque radiation se montre différent pour les cônes et pour les bâtonnets : la courbe qui représente la variation de ce coefficient en fonction de la longueur d'onde des radiations, ou courbe de visibilité spectrale, a même forme générale, mais avec un décalage, sur l'échelle des abscisses, d'environ $70^{m\mu}$. La courbe de visibilité moyenne actuellement admise (avec maximum à $555^{m\mu}$), qui est due à une participation en certaines proportions des cônes et des bâtonnets, doit subir un décalage progressif dans un sens ou dans un autre, suivant le niveau global des intensités excitatrices, décalage manifesté par le phénomène de Purkinje.

2° *Temps d'action et énergies liminaires.* — D'après les recherches que j'ai poursuivies sur la quantité relative d'énergie nécessaire pour atteindre le seuil de la sensation lumineuse suivant les durées d'excitation, les carac-

téristiques des cônes et des bâtonnets sont nettement différentes également à ce point de vue : la limite de sommation (durée correspondant au « seuil de base » au delà de laquelle un nouvel accroissement de durée n'entraîne plus un abaissement de l'intensité liminaire) est environ quatre fois plus courte pour les bâtonnets ($0^{s},8$ environ au lieu de plus de 3 secondes).

La durée optima (correspondant à un minimum d'énergie liminaire) est environ dix fois plus courte. Et, plus la durée d'excitation est brève, plus, proportionnellement, la sensibilité des bâtonnets l'emporte sur celle des cônes. Si à $0^{s},8$ le rapport des intensités liminaires est de 90 à 1, à $0^{s},005$ il devient de 315 à 1.

3° *Vitesse d'établissement et ondulation de « prééquilibre »*. — D'après le résultat de recherches poursuivies avec N. Kleitman, une sensation lumineuse s'accroît notablement plus vite en fonction de la durée d'excitation pour les bâtonnets que pour les cônes (excités par une lumière blanche) : à des niveaux physiologiques équivalents de l'intensité excitatrice, représentant par exemple une énergie de radiation 10 fois plus grande que celle qui correspond au seuil de visibilité, le régime d'équilibre est atteint une première fois au bout de $0^{s},025$ avec les bâtonnets $0^{s},100$ avec les cônes, soit après un temps quadruple. En outre, la vitesse d'établissement croît plus vite quand l'intensité d'excitation augmente, avec les bâtonnets (le rapport étant aux environs du double vers le seuil, du quadruple à une intensité dix fois plus grande et s'approchant du quintuple à une intensité mille fois plus grande).

Parallèlement à cette vitesse plus grande d'établissement, l'oscillation de prééquilibre dépassant le niveau du régime stable est plus grande pour les bâtonnets.

4° *Persistance apparente*. — Étant donné le parallélisme ordinaire entre les vitesses d'établissement et d'évanouissement, qui croissent en raison directe des intensités excitatrices, on pouvait penser que la persistance des impressions lumineuses était moindre pour la rétine nocturne que pour la rétine diurne. Toutefois, en effectuant les comparaisons à des niveaux physiologiquement équivalents des intensités, j'ai trouvé des persistances apparentes plus grandes et plus lentement décroissantes avec l'intensité, pour les bâtonnets. Et l'on a signalé également des fréquences critiques de fusion moindre chez les nyctalopes. Toutefois, comme on ne connaît que cette fréquence critique correspondant à une durée de persistance de l'impression jusqu'à une diminution de la sensation *juste perceptible*, lorsque le seuil différentiel varie, la persistance apparente change, et dès lors se

pose la question de l'intervention possible d'une moindre sensibilité différentielle.

5° *Surface d'action et énergie liminaire.* — Quand on change la grandeur angulaire de la plage lumineuse dont la brillance représente l'intensité excitatrice, on constate que, jusqu'à une certaine surface (limite de sommation), la brillance liminaire diminue quand la surface croît. Les lois de variation de cette intensité liminaire que j'ai étudiées sont sensiblement les mêmes pour les bâtonnets périphériques et les cônes fovéaux. Mais les déterminations étaient faites dans tous les cas pour le seuil absolu dans l'adaptation à l'obscurité. Une série de données permet de penser que la sommation spatiale, pour des brillances assez grandes, est plus élevée pour les bâtonnets (dont plusieurs sont connectés de façon permanente avec un seul neurone intermédiaire) que pour les cônes (qui sont sans doute susceptibles de connexions latérales variables, suivant la conception d'A. Broca, ces connexions se produisant dans l'adaptation à l'obscurité quand on recherche la brillance liminaire). Mais nous manquons encore actuellement de données précises à cet égard.

Conclusion. — Les caractéristiques du fonctionnement lumineux de la rétine ont des valeurs qui dépendent du taux — variable — de collaboration des deux catégories d'appareils récepteurs, doués de constantes spécifiques différentes, d'où la grande complexité des lois apparentes du fonctionnement global de l'œil humain, pourvu d'une rétine diurne et d'une rétine nocturne associées.

Les cônes apparaissent comme un appareil adapté à l'utilisation lumineuse du rayonnement solaire, dont l'énergie maxima, après absorption sélective par l'atmosphère, se trouve autour de $590^{m\mu}$, et fonctionnent pour une vision discriminative en fixation relativement prolongée.

Les bâtonnets, adaptés d'un côté à l'utilisation lumineuse des faibles rayonnements nocturnes, fonctionnent d'autre part comme appareils avertisseurs latéraux, déclanchant les réflexes de fixation exploratrice, et sont adaptés à l'utilisation maxima des excitations brèves, leur rendement, par rapport à celui des cônes, étant proportionnellement d'autant plus grand que la durée d'excitation est moindre [1].

(1) Toutefois les réactions déclanchées par les bâtonnets impliquent une latence plus grande que celles qui sont déclanchées par les cônes, et cette latence décroît aussi moins vite quand l'intensité excitatrice augmente, d'après mes recherches. On ne doit donc pas considérer les bâtonnets comme un appareil de réaction plus rapide, mais seulement de meilleure utilisation des excitations très courtes.

PHYSIOLOGIE. — *Les étapes de la coagulation vitale.* Note (¹) de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

La matière vivante et, en général, tout colloïde biologique (lait), se coagulent *en masse* lorsque, avons-nous vu (²), l'agent coagulant est en quantité suffisante. Sinon, la marche de la coagulation est lente et *progressive*, souvent limitée au voisinage immédiat de l'agent qui la détermine.

Cette opération restreinte mérite d'être approfondie quant à *la possibilité d'enrayer une coagulation d'origine toxique*, et de lutter contre l'effet des toxines sur la vieillesse précoce des cellules. Toutes nos recherches ont montré que le mécanisme de l'action toxique, ou infectieuse, consiste en une *déshydratation du cytoplasma*, amoindrissant, paralysant même les échanges nutritifs et les oxydations. On va encore le prouver.

I. Examinons de nouveau *l'intoxication alcoolique* de ce cytoplasma, chez les plantes, où le facteur nerveux est absent.

Des feuilles bien vertes de fusain, et toutes semblables, sont placées dans 5 verres contenant : eau (I) et solutions alcooliques à 25 (II), 50 (III) et 75 pour 100 d'alcool étylique (IV), le dernier verre renfermant cet alcool à l'état pur (V).

Une dessication préalable, sous cloche à SO^4H^2, accuse 76,50 pour 100 d'eau comme hydratation naturelle des feuilles (poids initial : 640^{mg}, poids final : 150^{mg}). Le séjour dans les verres, ayant été de 24, puis de 48 heures, on a relevé les variations de poids suivantes :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Poids initial (en milligrammes)....	840	760	740	810	840
		Solutions alcooliques à			
	Eau.	25 p. 100.	50 p. 100.	75 p. 100.	Alcool pur.
Après 24 heures dans..............	870	870	880	910	840
Variations pour 100...............	+3,60	+14,40	+18,90	+12,30	0
Après 48 heures...................	870	875	870	885	800
Variations totales pour 100.........	+3,60	+15,10	+17,40	+ 9,20	−4,75

Observations. — Ce tableau montre que les feuilles détachées de l'arbre sont déjà un peu déshydratées, et prennent dans l'eau un léger accroisse-

(¹) Séance du 15 décembre 1924.

(²) Jules Amar, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 917.

ment de poids. Leur taux normal d'hydratation serait donc de

$$76,50 + 3,60 = 80 \text{ pour 100 en moyenne.}$$

Dans les solutions alcooliques leur poids augmente davantage, l'alcool *gélatinisant*, comme on sait, les particules colloïdales et s'y fixant. Mais cette gélatinisation cesse en l'absence d'*eau externe*. Aussi l'alcool pur coagule simplement le cytoplasma, et attire au dehors une partie de l'*eau interne* devenue libre, d'où une perte de poids (V).

Il y a donc un degré alcoolique qui respecte l'hydratation cellulaire.

Remarquons que la perte d'eau, subie sous l'influence de l'alcool pur, entraîne un peu de *pigment chlorophyllien;* le liquide contenu dans le verre prend la couleur émeraude et les feuilles y sont *dures* et *cassantes*, tandis que les autres restent souples; elles ne perdent pas de pigment. Seulement ce dernier *rétrograde vers le rouge* en brunissant. Cette rétrogradation est d'*ordre physique* par altération structurale du pigment. J'y reviendrai prochainement. Dans l'eau, enfin, les feuilles restent vertes et bien fraîches.

II. — Nous soumettons, alors, les quatre groupes de feuilles alcoolisées à l'action de l'*eau pure* d'abord, pendant 24 heures; puis à celle de notre « solution sodique », pendant 72 heures (rappelons que celle-ci comprend : eau, 1000^g; CO^3NaH, 3^g; PO^4Na^3, 3^g et NaCl, 2^g). Voici les résultats :

	II.	III.	IV.	V.
Poids initial	875^{mg}	870^{mg}	885^{mg}	800^{mg}
Dans l'eau	890	880	920	950
Gain pour 100	+1,70	+1,15	+3,90	+18,75
Dans solution sodique	910	880	920	950
Gain total pour 100	+4	0	0	0

L'hydratation cellulaire s'est accrue, quoique légèrement, pour les faibles degrés alcooliques. Passé une certaine limite, *le cytoplasma est tué et se laisse imbiber sans mesure*, sans réagir par son énergie propre; il ressemble à la matière minérale poreuse. La coloration vire au brun et les feuilles, qui étaient cassantes, s'assouplissent. Mais l'effet *anti-coagulant* de notre solution sodique ne s'exerce plus, à peine se remarque-t-il sur les feuilles alcoolisées à 25 pour 100 seulement (II).

Desséchons le tout sous cloche, nous aurons :

	II.	III.	IV.	V.
Poids sec	160^{mg}	140^{mg}	142^{mg}	130^{mg}
Eau pour 100	82	84	84,4	86,3

La cellule intoxiquée a donc retenue plus d'eau que ne le réclament ses conditions physiologiques (80 pour 100).

III. — Sur une *solution aqueuse de Glycogène*, la marche de la coagulation offre des traits analogues. La liqueur est bleuâtre, sans grains visibles. On y introduit une trace de $CaCl^2$; aussitôt apparaissent des granules de glycogène, qu'un peu de notre solution sodique redissout. Mais si la quantité de $CaCl^2$ est plus forte, le colloïde se précipite en glomérules épais, persistants.

De même, avec *l'alcool et l'éther*. Le *domaine de la réversibilité* est, suivant le colloïde et l'agent coagulant, plus ou moins étroit.

Conclusions. — La vie cellulaire exige, par conséquent, un taux d'hydratation en rapport avec l'intensité de ses opérations intimes, et avec l'état physique du protoplasma. L'eau est dans un tel équilibre avec cette matière vivante que celui-ci cesse, ou se trouble, dès qu'intervient un agent coagulant.

Mais il existe un domaine de *coagulation réversible* où les propriétés du cytoplasma peuvent être récupérées grâce à des procédés physiologiques. Au-delà d'une certaine dose toxique, coagulante, elles sont altérées profondément; le retour à la vitalité première devient impossible.

En définitive, *l'intoxication est cellulaire;* elle agit par coagulation et déshydratation progressives.

PHYSIOLOGIE. — *La respiration des tissus dans l'avitaminose et l'inanition.* Note de M. **Jean Roche**, présentée par M. Henneguy.

Une récente théorie, émise simultanément par Hess et Abderhalden, attribue aux vitamines un rôle de premier plan dans le mécanisme des oxydations cellulaires et fait de l'avitaminose un « appauvrissement des cellules en ferments respiratoires » (Hess). En dehors des résultats de mesures *in vitro* de l'intensité respiratoire, ces physiologistes invoquent l'existence d'une hypothermie, l'abaissement du taux de l'excrétion du CO^2 et de la valeur du quotient respiratoire chez les animaux avitaminosés.

Certains de ces faits, tout particulièrement ceux relatifs à la respiration des tissus, nous ont paru être justiciables d'un contrôle expérimental plus strict. Nous nous sommes proposé de les y soumettre à l'aide d'une méthode précise, qui sera décrite dans un Mémoire ultérieur, utilisant le microrespiromètre de Krogh.

Les résultats relatifs à la respiration des tissus d'animaux normaux étant préalablement acquis (Terroine et Roche), il fallait préciser le rôle possible de l'inanition. Il est en effet d'observation courante que l'inanition conditionne les accidents d'avitaminose. Par ailleurs, Schultz, d'accord avec Erwin Voit, avait pu émettre l'idée que la mort par inanition n'était que la résultante d'une diminution progressive des oxydations. L'étude comparée des effets de l'avitaminose et de l'inanition était donc indispensable. Nous l'avons poursuivie sur des tissus de pigeons, les uns avitaminosés, ayant reçu uniquement du riz poli et sacrifiés au début des accidents, les autres, inanitiés au moment où la chute de température fait prévoir une mort imminente.

Les moyennes de nos résultats exprimés en millimètres cubes d'oxygène par gramme de tissu frais ou sec et par heure, dont le détail sera donné dans un prochain Mémoire, sont rassemblés ci-dessous :

		Normaux.	Inanitiés.	Avitaminosés.
Muscle	frais........	398,1	369,4	407,7
	sec..........	1565,1	1705,7	1547,2
Foie	frais........	428,7	437,4	404,8
	sec..........	1509,4	1563,4	1463,4
Cerveau	frais........	566,4	550,6	538,3
	sec..........	2733,3	2833,5	2645,2

Ces valeurs permettent des conclusions de fait :

1° Les tissus homologues d'animaux normaux et inanitiés, ces derniers sacrifiés au cours de la période prémortelle, présentent *in vitro* une respiration de même intensité. La mort par inanition ne peut donc s'expliquer par une diminution des oxydations cellulaires, conséquence d'une mortification progressive (Schultz) ou d'un défaut d'alimentation des tissus (Erwin Voit).

2° L'intensité respiratoire *in vitro* des tissus d'animaux avitaminosés, par alimentation exclusive au riz poli, est strictement comparable à celle de tissus homologues de sujets normaux.

Ces faits sont en opposition formelle avec la doctrine de Abderhalden-Hess.

Quant à l'hypothermie des avitaminosés, elle s'explique amplement par le parallélisme rigoureux de la diminution de la température interne et de l'amaigrissement; elle peut être entièrement rapportée à l'inanition, ainsi que l'abaissement du quotient respiratoire (Magne et Simonnet).

Nous avons en outre noté les faits suivants qui parlent en faveur d'un

besoin métabolique de vitamines : la température à laquelle sont exposés les animaux paraît être en rapport direct avec la vitesse d'apparition des accidents ; le délai de production étant d'autant plus court que la température est plus basse. En outre, le degré d'amaigrissement est d'autant plus grand lors de l'apparition des accidents que la température du milieu a été plus basse, constatation qui corrobore celle antérieurement faite, dans le cas de l'inanition, par Terroine et Barthelemy. Enfin il nous a été possible de provoquer chez des pigeons nourris au riz poli, en période de début d'inanition, des accidents typiques de polynévrite par exposition aux environs de 0° pendant quelques heures, accidents ne rétrocédant pas par un séjour à température plus élevée (20°).

Il semble donc que la cause de l'avitaminose doit être recherchée dans la satisfaction d'un besoin métabolique différencié bien plutôt que dans une diminution de la respiration élémentaire des tissus.

TOXICOLOGIE. — *Étude de la localisation dans l'organisme des dérivés alcoylés de la malonylurée*. Note de MM. **P. Fredet** et **René Fabre**, présentée par M. Guignard.

L'étude de la localisation des hypnotiques est particulièrement importante pour le toxicologue, mais elle est susceptible de fournir aussi des renseignements fort intéressants au point de vue de l'activité pharmacologique de ces composés.

D'autre part, certains dérivés de la malonylurée sont utilisés depuis quelque temps, en vue d'obtenir une anesthésie générale, par injection intraveineuse. Dans ce cas encore, la connaissance des organes où se fixent électivement les anesthésiques peut permettre de connaître les raisons de leur valeur thérapeutique. C'est pourquoi il nous a paru intéressant d'étudier la localisation de ces composés dans l'organisme.

Nous nous sommes adressés à la diéthylmalonylurée (véronal), et à l'allylisopropylmalonylurée ; ces corps ont été dissous dans l'eau à l'état de sel de diéthylamine, et administrés à la dose de 1^{g}, par injection intraveineuse à des chiens de 20^{kg}.

Tandis que le chien injecté au dérivé diéthylé (véronal) ne semblait éprouver aucun malaise, le chien injecté au dérivé allylisopropylé manifestait très rapidement une anesthésie fort notable. Au bout d'une demi-heure, dans le premier cas, et de 1 heure, dans le second, les animaux ont été saignés à blanc, et les viscères ont été recueillis séparément et soumis à l'analyse.

La recherche des dérivés barbituriques a été faite suivant la méthode classique de Stass-Otto, les produits anesthésiques se trouvant dans le résidu d'extraction acide: Afin de séparer les impuretés entraînant une erreur par excès, le résidu a été repris par l'eau au bain-marie en présence de noir animal, et la solution aqueuse, évaporée, a fourni un produit cristallisé incolore. Celui-ci, après dessiccation, a été pesé, puis on a effectué sur lui les réactions caractéristiques des composés de ce groupe, c'est-à-dire, la détermination du point de fusion et la condensation avec le xanthydrol à l'état de dérivé dixanthylé, suivant la technique indiquée par l'un de nous [1].

La répartition dans les différents organes est la suivante :

I. — *Expérience avec la diéthylmalonylurée.*

	Poids de l'organe prélevé.	Quantité de dérivé diéthylé isolé.
	g	g
Cerveau et moelle	130	0,180
Sang total	420	0,043
Rate	50	0,022
Graisse	110	0,016
Muscle	400	0,055
Reins	90	0,051
Foie	810	0,038
Urines	40	0,023

La recherche du véronal dans le sang a été faite séparément sur les hématies et sur le sérum séparés, par centrifugation, suivant la technique habituelle. De 240g d'hématies, il a été isolé 0g,028 de véronal, et de 180g de sérum, 0g,015. Le rapport de répartition entre les hématies et le sérum est de 1,86, les hématies retenant plus de composé anesthésique que le sérum.

La totalité du produit cristallisé isolé a été purifiée par nouvelle cristallisation. Il présentait alors un point de fusion de 180° et son dérivé dixanthylé fondait à 245° au bloc de Maquenne. Il possédait donc les caractères de la diéthylmalonylurée.

II. — *Expérience avec l'allylisopropylmalonylurée.*

	Poids de l'organe prélevé.	Quantité de produit isolé.
	g	g
Cerveau et moelle	82	0,056
Sang total	350	0,117
Rate	65	0,021
Graisse	260	0,023
Muscle	94	0,023
Reins	100	0,005
Foie	515	0,032
Urines	70	0,032

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, t. 33, 1923, p. 791.

220g d'hématies avaient retenu 0g,100 de produit anesthésique, et 130g de sérum, 0g,017. Le rapport de répartition, dans ce cas, est de 5,7.

L'allylisopropylmalonylurée a pu, de même que le dérivé diéthylé, être identifié par son point de fusion (138°), et par celui de son dérivé dixanthylé (221°).

Les deux corps étudiés s'éliminent en nature et le rythme de leur élimination sera l'objet d'une prochaine Note.

Des recherches précédemment exposées, il est permis de conclure que ces composés se fixent électivement sur les centres nerveux : cerveau et moelle, et que, introduits dans le sang, ils sont véhiculés en majeure partie par les globules. Ils exercent une faible action sur le foie, ce qui confirme les résultats obtenus par M. Delépine, dans l'étude qu'il fit des urines de malades anesthésiés par ces dérivés de la malonylurée [1].

HERPÉTOLOGIE. — *Autopsie d'un Python réticulé mesurant* 5m,75 *de longueur.* Note de Mme Phisalix, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Nous avons eu récemment l'occasion, fournie par Mme la marquise Casati, de faire l'autopsie d'un grand python asiatique (*Python reticulatus* Schneid.), mesurant 5m,75 de longueur totale, et pesant 53kg.

Bien que les individus de cette espèce puissent atteindre, au bout d'une centaine d'années peut-être, une longueur voisine de 10m, celui qui nous occupe est déjà de dimensions suffisantes pour fournir quelques données intéressantes, d'ordre anatomique physiologique et pathologique.

Le serpent arrivait du Jardin zoologique de Londres, où il était resté en captivité depuis l'année 1912, époque à laquelle ce Jardin l'avait reçu de Taïpang (Indochine méridionale),

Parti vivant de Londres pendant sa période de mue et par un temps froid de janvier, il était mort en cours de route.

D'après les renseignements fournis par miss Procter, Curator du Jardin zoologique, le python, sauf le mauvais caractère habituel aux individus de son espèce, n'avait jamais présenté rien de particulier. Indifférent vis-à-vis des autres pythons, et n'ayant jamais pondu, il était considéré comme individu mâle. Il s'était par ailleurs comporté normalement, mangeant, muant, grossissant et paraissant en bon état général. Il présentait seulement à l'extrémité du museau des lésions cutanées, ayant mis à nu la région prémaxillaire, sans avoir atteint les parois buccales.

---

(1) *C. R. Soc. de Chirurgie*, t. 50, 1924, p. 798.

Dimensions : tête 15^{cm} de long sur 10 de large; corps 490^{cm} sur 20^{cm} de diamètre; queue 70^{cm}.

Autopsie. — *Appareil respiratoire.* — Il mesure $5^{m},50$ de longueur totale, se décomposant ainsi : trachée, $1^{m},50$, depuis son ouverture en avant du plancher buccal jusqu'à sa courte bifurcation à quelques centimètres du sommet des poumons; poumon droit; $2^{m},90$, depuis son sommet antérieur jusqu'à son extrémité postérieure. Le poumon gauche n'a que 58^{cm} de long.

Les sommets pulmonaires, qui correspondent à la portion très vascularisée et respiratoire, sont fortement congestionnés sur une longueur de 40^{cm}; l'épaisseur des parois, d'ordinaire faible, dépasse 10^{mm}; c'est la seule lésion aiguë que présente le serpent. La portion terminale des sacs pulmonaires, qui sert de réservoir d'air, est saine.

Cœur et vaisseaux. — Le cœur est situé à une distance de 90^{cm} du museau; il est normal dans toutes ses parties, y compris les orifices auriculo-ventriculaires et les valvules des gros vaisseaux afférents et efférents. La longueur est de 15^{cm} sur un diamètre maximum de 10^{cm}. Rempli de sang, il pèse 210^{g}; vide, 117^{g}.

Tube digestif. — Le tube digestif s'étend en ligne droite sur le côté gauche du thorax jusqu'à l'intestin, qui est sinueux. Sa longueur totale est de $8^{m},50$, dont $1^{m},95$ pour l'œsophage, 95^{cm} pour l'estomac et $5^{m},60$ pour l'intestin. Toutes ses parties sont normales et saines. Dans sa portion terminale, se trouve un très faible résidu alimentaire coloré en vert émeraude par la bile, et çà et là, fixées aux parois, quelques menues larves d'échinorhynques. Le cæcum, vide de déchets alimentaires, en a du moins gardé un mélange de graviers et d'une vingtaine de dents du python, tombées spontanément ou entraînées par la proie.

Rate pancréas. — Ces deux organes, très réduits, et intimement soudés chez les serpents, forment chez notre python une petite masse pesant 40^{g}, longue de $13^{cm},5$ et large de 5^{cm}. La portion pancréatique est largement insérée sur l'intestin à une distance de 2^{cm} du pylore; elle est traversée par le canal cholédoque. Dans sa portion antérieure se trouve enchatonnée la rate, n'ayant que 25^{mm} de diamètre. Toute la rate, ainsi que la queue du pancréas, sont occupées par des kystes confluents de la grosseur d'un petit pois. Ces kystes sont tous constitués par une membrane blanche, fibreuse, résistante, de 1^{mm} d'épaisseur, renfermant une masse brunâtre, homogène, s'étalant aisément. Soit par dissociation, soit par empreintes, suivies de fixation et de colorations diverses, nous n'avons pu y déceler aucun élément figuré. Les cultures sur milieux bactériologiques sont demeurées stériles.

Foie et vésicule biliaire. — L'appareil biliaire est absolument sain; nous nous bornerons donc à en signaler le poids et les dimensions.

Foie, divisé longitudinalement en deux lobes; longueur, 85^{cm}; poids, 1300^{g}.

Vésicule biliaire, remplie, mais non distendue, 12^{cm} de long sur $7^{cm},5$ de large;

Bile normale, volume 180^{cm^3}, ne renfermant ni microbes, ni parasites.

Ovaires et oviductes. — Malgré son attitude énigmatique qui, pendant 12 ans, l'avait fait considérer comme un mâle, notre python est une femelle adulte, qui ne possède pas moins de 950^{g} d'ovules dans ses ovaires. La grosseur des ovules varie de celle d'un petit pois à celle du vitellus d'un œuf de poule. Aucun des plus gros ne se

trouve engagé dans les oviductes, et tout l'ensemble de l'appareil est parfaitement sain.

Reins. — Les reins allongés (le droit, 26cm, poids, 105g; le gauche, 30cm, poids, 80g), sont placés à des niveaux différents, le gauche plus en arrière que le droit, arrivant presque au niveau du cloaque. En quelques points épars de la surface et sous la capsule, ainsi que dans la profondeur, on rencontre des kystes isolés, identiques à ceux de la rate-pancréas. Aucun parasite n'existe dans les uretères.

Réserves adipeuses. — Les viscères abdominaux sont entourés d'un épais matelas graisseux, disposé en gros lobes marronnés par le refroidissement; cette enveloppe protectrice pèse à elle seule 6kgs, soit le neuvième environ du poids total du corps.

Système musculaire. — Les masses musculaires sont partout saines et épaisses; le sujet ne présente ainsi aucun indice de cachexie.

Squelette. — Le squelette est normal; on remarque seulement en deux régions quelques fractures anciennes de côtes, actuellement consolidées.

Dans l'obligation de ménager l'intégrité de ce squelette, nous avons dû renoncer à peser et à mesurer les centres nerveux.

Examen parasitologique et microbiologique. — La plus grande des surprises de l'autopsie du python est certainement l'absence presque totale d'ectoparasites, et absolue d'endoparasites, que nous avons cependant recherchés par tous les moyens accoutumés.

Les Reptiles des contrées chaudes sont cependant la proie de nombreux assaillants, et semblent parfois collectionner les divers parasites, les ectoparasites servant très souvent de vecteurs aux endoparasites. Le python était si dépourvu qu'il semblait avoir été toujours soumis à un régime parasiticide. Si les corps irritants qui ont, à un moment donné, envahi la rate-pancréas étaient, comme il est probable, des parasites, du moins le serpent en a-t-il eu raison en les enkystant, et en déterminant ainsi leur autolyse.

Conclusions. — Les conclusions que nous pouvons tirer de l'autopsie de ce grand python sont principalement d'ordre physiologique et pathologique :

1° Malgré l'intégrité et la période d'activité de l'appareil ovarien, la ponte des pythons ne s'effectue pas avec un rythme fréquent, du moins en captivité, ce qui peut conduire à des erreurs d'interprétation du sexe, quand le dimorphisme sexuel n'est pas visible à distance, ou qu'il est peu marqué, et que le caractère de l'animal vivant ne se prête pas à un examen minutieux.

2° La substitution complète et précoce de kystes inertes au tissu splénique, assimilable, dans une certaine mesure, à l'ablation de la rate, n'a

pas retenti sur l'état général du serpent, fait qui concorde avec ce que l'on sait des fonctions de la rate chez les Vertébrés supérieurs.

3° Les serpents originaires des contrées chaudes, et surtout les grosses espèces (Boïdés) sont extrêmement sensibles aux abaissements de température, qui suffisent à eux seuls à entraîner la mort chez les sujets qui, par ailleurs, sont en parfait état général. Notre python est mort d'une congestion pulmonaire aiguë, consécutive à l'action du froid.

CYTOLOGIE. — *Les nématocystes et spirocystes des Cœlentérés. Mode de fonctionnement et caractères différentiels.* Note (¹) de M. **Robert Weill**, présentée par M. Mesnil.

On réunit sous le nom de cellules urticantes des Cœlentérés deux catégories d'éléments très différents, les nématocystes et les spirocystes. Dans les premiers, communs à tous les Cœlentérés, l'épaisse paroi de la capsule urticante se prolonge en un long tube invaginé à l'intérieur de la capsule et qui est projeté par dévagination au moment de l'explosion (*fig.* 1); ils sont dits basophiles. Les seconds, caractéristiques des seuls Anthozoaires, ont une paroi mince et un filament plein, libre à ses deux extrémités, et qui, bandé comme un ressort, est projeté par détente après rupture du sommet de la capsule (*fig.* 2); ils sont dits acidophiles. A la première catégorie appartiennent en outre les capsules polaires des Cnidosporidies, en raison de leur basophilie et des images de dévagination que l'on y a vues (*fig.* 3). Le cnidocyste du *Polykrikos* enfin constituerait, d'après les recherches de Chatton (1914), un intermédiaire entre les deux catégories : sa paroi s'invagine à l'intérieur de la capsule en une courte ampoule dont la base est en contact avec le filament (*fig.* 4*a*); lors de l'explosion, dans un premier temps l'ampoule se dévagine, puis le filament est projeté à travers elle (*fig.* 4*b*).

Nous avons entrepris la vérification des caractères donnés comme spécifiques des spirocystes; nos recherches nous ont montré que tous reposent sur des erreurs d'observation, ainsi que Ludwig Will l'avait montré avant nous (²).

(¹) Séance du 2 février 1925.

(²) L. Will a été le premier et, à notre connaissance, le seul auteur qui ait montré d'une façon précise les analogies et les différences existant entre les nématocystes et les spirocystes. Nous avions complètement achevé nos recherches sans connaître les

L'examen *in vivo* de spirocystes, de quelque espèce qu'ils proviennent (*A. sulcata* et autres Actinies, *Caryophyllia clavus*, *Corynactis viridis*), montre que le filament spiral interne est toujours suspendu à un des pôles de la capsule, et n'atteint pas en général le pôle opposé plus effilé (*fig.* 5).

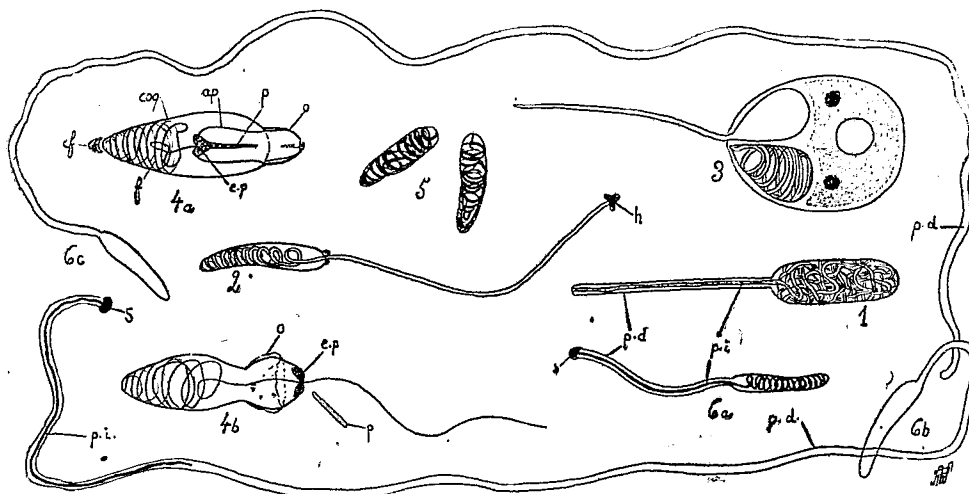


Fig. 1. — Nématocyste inerme de *Corynactis viridis*.

Fig. 2. — Spirocyste de *Anemonia sulcata* au début de la « projection » du filament terminé par un « harpon ». Iwanzoff (1896.)

Fig. 3. — Spore de *Myxobolus*; une capsule polaire est dévaginée. Doflein (1911.)

Fig. 4. — Cnidocystes de *Polykrikos Schwartzi* : *a*, au repos; *b*, éclaté, Chatton (1914); *o*, opercule *p*, percuteur; *ep*, son embase; *ap*, ampoule; *f*, filament; *coq*, coque; *cf*, coiffe.

Fig. 5. — Spirocystes intacts de *A. sulcata*.

Fig. 6. — Spirocystes de *A. sulcata* : *a*, au début; *b*, vers la fin; *c*, après leur dévagination; *pi*, partie invaginée; *pd*, partie dévaginée; *s*, sommet (= « harpon »).

Les images de spirocystes éclatés montrent un processus de dévagination incontestable. La paroi capsulaire se prolonge en un tube à parois excessivement minces et difficilement perceptibles, et plus ou moins long selon le degré de la dévagination (*fig.* 6 *a*, *b*, *c*). Lorsque celle-ci a été incomplète (*fig.* 6 *a*, *b*), on voit autour de la partie encore invaginée, et en continuité

---

siennes, publiées dans un périodique malheureusement introuvable (*Sitz. ber. d. naturf. Ges.*, Rostock, 1909 et 1910), et seul un de ses derniers mémoires nous a été accessible depuis. Quoique nos observations ne fassent que confirmer sur presque tous les points celles de notre prédécesseur, nous croyons utile de leur donner pour la première fois une confirmation, d'autant plus qu'elles n'ont été prises en considération par aucun des nombreux auteurs qui sé sont, après Will, occupés de cette question.

avec elle à son sommet, les parois de la partie dévaginée; le sommet est souvent renflé et particulièrement réfringent; Iwanzoff (1896) l'avait interprété comme un harpon coiffant l'extrémité du filament. On retrouve les mêmes images sur frottis colorés vitalement ou après fixation, où la partie invaginée et le sommet seuls se colorent intensément. L'absence de réfringence et de colorabilité propre à la partie dévaginée est due probablement à son étirement et son amincissement lors de la dévagination. Elle passait ainsi inaperçue et certains auteurs (Gosse, 1860; Moroff, 1910) ont pu affirmer n'avoir jamais vu qu'une projection partielle du filament : lorsque le tube était dévaginé complètement, tout l'appareil, devenu presque invisible, avait échappé à leur attention.

Les caractères de coloration donnés comme différentiels demandent une précision. Dans une coloration combinée telle que le Giemsa, l'éosinophilie n'est nullement propre aux spirocystes qui d'ailleurs, nous l'avons dit, ne la présentent que sur leurs parties dévaginées; les tubes des nématocystes la montrent également. Seulement elle est ici masquée soit par la coloration basique de l'armature du tube, et surtout par la coloration intense du contenu capsulaire. Celui-ci en effet ne se colore que dans les nématocystes où il est un colloïde (Will), pas dans les spirocystes où il est un cristalloïde. L'absence d'armature enfin, donnée quelquefois comme caractère particulier aux spirocystes, se constate chez certains nématocystes de Cérianthe où elle a été signalée par Iwanzoff, et chez des nématocystes analogues de *Corynactis viridis* (*fig.* 1).

Quant au cas des cnidocystes du *Polykrikos*, que nous avons pu étudier *in vivo* et sur les préparations mêmes de Chatton, l'observation directe ne permet pas de le résoudre. Leur contenu capsulaire se colore comme celui des nématocystes; l'image du cnidocyste éclaté (*fig.* 4*b*) n'est point non plus incompatible avec l'hypothèse de la dévagination d'un tube creux; car également dans certains nématocystes d'Actinies le tube, filiforme, ne s'élargit pas de façon perceptible lors de sa dévagination. La projection par dévagination ([1]) expliquerait la coloration du tube par les colorants du contenu capsulaire et le fait qu'il n'est jamais séparé complètement du

([1]) Kofoid et Swezy (1921) admettent, surtout par raison d'analogie avec ce qui est chez les Cœlentérés, que c'est bien la le mode de projection chez le *Polykrikos*. Mais ils avouent n'avoir pu reconnaître la nature tubulaire du filament et donnent d'ailleurs de son retournement des images inexactes et irrationelles.

sommet de l'ampoule. Chatton pense (communication orale) qu'elle est parfaitement compatible avec le processus de formation qu'il a fait connaître (1914) : dépôt de chitine sur la surface du filament ou flagelle intravacuolaire (comme sur toute la surface de la vacuole) qui sert ainsi de matrice au tube. Étant donnée la continuité du filament et de l'ampoule qu'implique ce mode de squelettisation, la projection par dévagination est plus vraisemblable que la projection par détente.

Le maintien d'une catégorie spéciale pour les spirocystes des Cœlentérés se justifie seulement par suite de leurs propriétés physiques particulières. Le mode de fonctionnement est identique dans tous les éléments urticants connus (Cœlentérés, Cnidosporidies, *Polykrikos*); il est toujours une projection par dévagination.

PROTISTOLOGIE. — *L'appareil parabasal des Flagellés et sa signification.* Note de MM. **O. Duboscq** et **P. Grassé**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note précédente [1] nous avons écrit que l'appareil parabasal des Flagellés paraissait homologue à l'idiozome de la spermatide et représentait comme lui l'appareil de Golgi. Ce qui n'était d'abord pour nous qu'une idée hypothétique est devenu, depuis, une conviction.

Les réactions microchimiques des deux appareils sont les mêmes. A. Foa (1904) avait observé l'action funeste de l'acide acétique sur le corbillon des *Trichonympha*. Cutler (1919-1920) et Wenrich (1921) notèrent l'importance de l'absence d'acide acétique dans le Flemming pour la démonstration de l'appareil parabasal. Comme l'appareil de Golgi, l'appareil parabasal est mis en relief avec précision par l'hématoxyline, après les fixateurs osmiques, par le nitrate d'argent après fixation au formol-nitrate d'urane (Cajal) ou mieux au formol-nitrate de cobalt (da Fano-Luelmo), enfin par l'acide osmique (Kopsch ou Mann-Kopsch). En somme ils se comportent l'un et l'autre comme le chondriome, mais ce sont des corps lipoïdifères plus réducteurs.

Les deux appareils ont essentiellement la même structure. L'appareil de

(1) *C. R. Soc. Biol.*, t. 90, 1924, p. 1442.

Golgi dans la spermatogenèse est fait de *corps de Golgi* (dictyosomes) dans lesquels on distingue une substance en filament ou en plaque vivement colorable (*substance chromophile*) recouvrant en calotte une substance hyaline, vésiculeuse, très labile et peu colorable, dite *substance chromophobe* (cf. les travaux de Hirschler, Bowen et Bronté-Gatenby). C'est la structure fondamentale de l'appareil parabasal des Flagellés. Elle a été vue d'abord chez *Calonympha* par Janicki (1915) qui appelle *filament parabasal* la substance colorable, puis par Cutler (1919) chez *Ditrichomonas Immsi* Duboscq et Grassé. Nous l'avons retrouvée chez *Janickiella* (¹), chez *Holomastigotes* à tous les stades (²), chez *Spirotrichonympha*, dont l'appareil parabasal est du même type que celui d'*Holomastigotes;* chez *Trichonympha* (³) où chaque latte du corbillon se compose d'un long filament chromophile au dessous duquel s'étale en lame homogène la substance chromophobe; enfin chez *Jœnia* où chaque foliole est une lame hyaline chromophobe avec bord externe chromophile.

L'appareil parabasal et l'idiozome ont les mêmes connexions, étant l'un et l'autre contigus simultanément au noyau et au centrosome ou blépharoplaste. L'homologie ne s'impose que si l'on compare seulement au Flagellé la spermatide des premiers stades. Car le spermatozoïde — au moins celui des Vertébrés qui est le mieux connu — représente un Flagellé très évolué à certains égards. Ça serait, si l'on admet les résultats de Champy, une sorte de Bodonidé dont les blépharoplastes des flagelles antérieur et postérieur s'éloigneraient et se placeraient à l'opposé l'un de l'autre. De là, peut être, la fragmentation de l'idiozome, qui suivrait le sort des deux centrosomes, tandis que chez la plupart des Flagellés l'appareil parabasal conserve sa position première, les blépharoplastes restant contigus quand ils se divisent. Mais chez *Holomastigotes* et *Spirotrichonympha* l'expansion du blépharoplaste en longues spires cilifères (cf. les anthérozoïdes des Cycadées) entraîne la dissociation de l'appareil parabasal.

Peut-on poursuivre ailleurs que dans les éléments flagellés cette homologie de l'appareil parabasal et de l'appareil de Golgi? Nous en sommes

---

(¹) *Loc. cit.*

(²) *C. R. Soc. Biol.*, t. 92, 1925, p. 154.

(³) Nous avons étudié les *Trichonympha agilis* et *minor* de *Reticulitermes lucifugus* et une autre espèce parasite de *Glyptotermes iridipennis* que nous appelons *Trichonympha Chattoni* n. sp.

persuadés. Déjà chez *Pseudotrichonympha* (Cutler, 1921) deux filaments (*filaments suspenseurs*), qui vont du blépharoplaste au noyau, tiennent la place du corbillon de *Trichonympha* et doivent être interprétés comme appareil parabasal. Or dans les schizozoïtes des *Aggregata* (Joyet-Lavergne, 1924) l'appareil de Golgi est représenté par un ou deux filaments qui partent de la région antérieure centrosomienne et se dirigent vers le noyau. Les sporozoïtes de *Selysina* ont certainement la même structure (Duboscq, 1918). Et, ainsi, par leur appareil de Golgi comme par beaucoup d'autres caractères, les Sporozoaires se relient aux Flagellés.

Ils se relient aussi aux Métazoaires. Les cellules nerveuses fortement polarisées, c'est-à-dire qui ont gardé ou accentué l'orientation épithéliale — bâtonnets et cellules bipolaires de la rétine (Cajal, 1912), grains du bulbe olfactif (Fañanas, 1912) — ont un appareil de Golgi semblable à celui des sporozoïtes d'*Aggregata* et de *Selysina*. D'autre part, Deineka (1912) avait insisté sur la position polaire de l'appareil de Golgi, très généralement placé dans le champ du centrosome, et en même temps au voisinage du noyau. Il ne devient circumnucléaire que dans les cellules qui ont perdu leur faculté de division.

Une objection nous sera faite. La plupart des caractères que nous attribuons à l'appareil parabasal conviennent au chondriome. Dès lors, ne peut-on pas, avec Alexeieff (1917), assimiler l'appareil parabasal à un corps mitochondrial ? Nous reconnaissons que les méthodes qui démontrent l'appareil parabasal ou l'appareil de Golgi mettent souvent en évidence les mitochondries. On les voit, en même temps que l'appareil parabasal, chez la plupart des Trichonymphines, sous la forme ordinaire de grains, filaments de grains ou bâtonnets. Mais certaines variantes des méthodes classiques permettent de mettre en relief l'appareil parabasal seul, et nous avons vérifié que ces mêmes techniques démontraient dans les mêmes conditions l'idiozome des spermatides du Cobaye. Si l'on joint à cela les similitudes de structure, on conclura que l'appareil parabasal correspond bien à l'idiozome et non à la spire mitochondriale. Au surplus, nous inclinons à croire avec beaucoup d'auteurs qu'appareil parabasal et appareil de Golgi représentent une catégorie du chondriome. D'après Hirschler (1924) il n'y aurait même chez certains Protozoaires qu'une seule sorte de corps lipoïdifères, et pas de différenciation en mitochondries et appareil de Golgi.

Reste la question de la fonction physiologique de l'appareil parabasal et de l'appareil de Golgi. Elle est hypothétique. Rappelons seulement que

pour Cajal et ses élèves l'appareil de Golgi joue un rôle important « d'ordre énergétique » dans la vie cellulaire. Or, la plupart des protistologues avec Alexeieff (1910) et Janicki (1911-1915) ont tendance à voir dans l'appareil parabasal l'accumulation d'une « substance énergétique » consommée par les flagelles pour leur fonctionnement.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 26 janvier 1925.)

Note de Mlle *Thérèse Leroy*, Nouvelle méthode pour la détermination des prix de revient et la tarification des transports par chemins de fer :

Page 253, note (1), *au lieu de* 1875, t. 6, p. 543, et 1883, t. 10, p. 422, *lire* 1875, t. 10, p. 422, et 1883, t. 6, p. 543.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 FÉVRIER 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 6 février 1925, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Eugène Fichot** pour occuper, dans la Section de Géographie et Navigation, la place vacante par le décès de M. *Émile Bertin*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Eugène Fichot** prend place parmi ses Confrères.

LITHOLOGIE. — *Sur un nouveau type de roche éruptive alcaline mésocrate.* Note de M. **A. Lacroix**.

Au cours d'une récente mission en Chine, le P. Licent et le P. Teilhard de Chardin ont rapporté du sud-ouest de l'Ordos une série de roches parmi lesquelles se rencontrent deux roches éruptives alcalines, riches en ægyrine, dont l'une constitue un type lithologique nouveau et remarquable.

Toute la partie nord-ouest de l'Ordos, sur la rive droite du Hoang ho, est couverte par une couche épaisse de graviers quaternaires. Au nord de l'Arbous oula, dans le désert qui se trouve vis-à-vis de la mission de Saint-Jacques (Santao-ho) et au point où le P. Teilhard de Chardin a exploité des couches oligocènes à *Baluchitherium*, ces graviers, qui les recouvrent, renferment avec une certaine abondance des galets de la roche qui fait l'objet de cette Note; ils sont accompagnés du deuxième type qui est une *grorudite* riche en phénocristaux de feldspath. Ces deux roches alcalines proviennent,

d'après les explorateurs qui les ont recueillies, du démantèlement d'un massif situé aux environs de l'Arbous oula actuel, « massif probablement composé de roches granitiques et cristallophiliennes d'âge précambrien (série de Wu t'ai) ».

Cette roche nouvelle paraît, à l'œil nu, essentiellement constituée par des aiguilles d'ægyrine vert d'herbe, au milieu desquelles apparaissent quelques grands cristaux d'un feldspath gris violacé.

Au microscope, on voit que ces cristaux porphyroïdes sont constitués par du microcline, ne présentant que des macles, interrompues, suivant la loi de l'albite; elles englobent de lames d'un mica à deux axes rapprochés, à peine teinté de jaunâtre et qui, par sa pauvreté en fer, appartient à la phlogopite, plutôt qu'à la biotite. Dans l'extrême bordure de ces cristaux de feldspath sont englobées de grosses aiguilles d'ægyrine; d'autres, en très grand nombre, sont enveloppées pœcilitiquement par des plages du même microcline de formation plus récente. Il n'existe pas trace de minerai et aucun minéral accessoire. Il s'agit donc là d'une syénite à ægyrine, mais tandis que toutes celles actuellement connues sont pauvres, et généralement très pauvres, en pyroxène sodique, la teneur de celui-ci atteint dans la roche considérée près de 60 pour 100; de plus, alors que dans les syénites normales la cristallisation du pyroxène dépourvu de forme géométrique est d'ordinaire très tardive, ici ce minéral est englobé par la plus grande partie du feldspath et il présente une forme aciculaire. La structure est comparable à celle de la lujavrite.

Cette roche vient occuper le point central d'une série lithologique qui comprend, à son extrémité la plus pauvre en silice, la lujavrite qui est néphélinique et à son extrémité la plus riche en silice la fasibitikite qui, elle, est quartzique; mais ce terme intermédiaire de la série est plus mésocrate que la plupart des types extrêmes connus et il ne renferme pas l'eudialyte qui existe presque toujours dans ceux-ci. Il paraît légitime de désigner ce type lithologique sous un nom spécial et je propose celui d'*ordosite*.

L'analyse 1 donnée plus loin montre que sa composition minéralogique s'explique par la haute teneur en Fe^2O^3 et en soude, et en même temps en potasse; le nombre de molécules d'alumine étant à peine supérieur à celui de ce dernier oxyde, le microcline, qui est l'unique feldspath de cette roche, est très pauvre en soude et il n'est pas accompagné d'albite, en dépit de la richesse de la roche en pyroxène sodique. Dans le tableau ci-après, j'ai réuni les analyses du petit nombre de roches ægyriniques mésocrates connues; elle montrent que la richesse en pyroxène sodique est indépendante

de la nature des feldspaths qui les composent, ils peuvent être de l'orthose ou de l'albite presque pures ou bien un mélange en proportion variable de ces deux feldspaths : ce fait d'observation est aussi mis en évidence par la valeur du quatrième paramètre de la formule magmatique [1].

D'après leur teneur en silice et la fonction de celle-ci, ces quatre roches appartiennent respectivement aux familles des granites, des syénites et des syénites néphéliniques. Il me paraît utile de leur comparer des types non moins rares appartenant aux mêmes familles, eux aussi, mésocrates, mais dans lesquels le métasilicate est constitué par une amphibole et non par un pyroxène. Cette différence de composition minéralogique est une conséquence de ce fait qu'une quantité plus ou moins grande du fer y existe non plus à l'état ferrique, mais à l'état ferreux; suivant les proportions relatives de chacun de ces oxydes et la présence d'une quantité plus ou moins grande de chaux, ces amphiboles appartiennent à la riebeckite (ou osannite), à l'arfvedsonite ou à la lanéite.

Je ferai remarquer en passant qu'en ce qui concerne les feldspaths, il est intéressant de suivre sur le quatrième paramètre l'influence de la teneur en alumine dans les roches 5 et 6 d'une part, 8 et 9 d'une autre qui respectivement possèdent sensiblement les mêmes teneurs en alcalis et qui cependant renferment des feldspaths différents : orthose pure dans 5 et 9, orthose accompagnée d'albite dans 6 et 8.

Analyse 1, 2, 5, 8, M. Raoult; 3, M. H. Washington; 4, 9, Destefsen *in* Ussing.

1.	Ordosite	III'.(4)5.1.(1)2
2.	Granite à ægyrine, Rockall	III.3.1.4
3.	Rockallite (encl. dans 2)	'III.3.1.5
4.	Lujavrite, Siorarsuit (Groenland)	III(IV).6.1.3
5.	Lindinosite à riebeckite, Lindinosa (Corse)	III.3.1'2
6.	» à lanéite, Ampasibitika (Madagascar)	III.4.1.3(4)
7.	Lusitanite (à osannite), Alter Pedroso (Portugal)	'III.5.1.4
8.	» (grain fin)	III.5(6).1.4
9.	Kakortokite (à arfvedsonite), Kringlerne (Groenland)	III(IV).6.1.3

(1) Cette observation nouvelle confirme les conclusions auxquelles m'ont conduit antérieurement l'étude des roches potassiques à métasilicates alcalins de Madagascar (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 594) et celle des types sodiques de Rockall (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 267).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
SiO^2	56,90	63,26	69,80	50,72	61,72	59,50	56,94	55,60	48,90
Al^2O^3	7,00	5,24	5,10	15,45	4,21	8,84	11,12	10,56	7,85
Fe^2O^3	17,41	14,68	13,23	11,82	13,94	4,83	7,93	7,53	11,46
FeO	1,25	4,81	0,78	0,80	9,83	10,93	11,51	13,91	13,32
MgO	1,22	0,07	0,11	0,13	0,28	0,47	0,08	0,41	0,38
CaO	1,62	0,90	0,72	0,14	0,48	5,50	1,80	1,06	1,95
Na^2O	6,86	6,17	8,04	10,83	4,54	4,19	6,35	7,23	7,40
K^2O	5,36	2,62	0,22	2,94	3,23	3,22	2,85	2,86	3,23
TiO^2	1,60	0,81	0,34	n. d.	0,69	0,59	tr.	0,46	»
P^2O^5	0,10	0,17	0,07	»	0,07	0,10	0,23	tr.	»
H^2O (+)	0,20	0,53	0,46	4,66	0,69	1,24	0,98	0,24	1,80
» (—)	0,11	0,25	0,31	»	0,13	0,63	0,14	0,12	»
MnO	0,27	0,17	0,12	0,31	0,21	n. d.	n. d.	n. d.	1,11
	99,90	100,26(1)	100,84(2)	100,64(3)	100,02	100,13(4)	99,93	99,98	99,39(5)

(1) Zr 0,46; $(Y, Ce)^2O^3$ 0,12. (2) ZrO^2 0,17; Cl^2O^3 0,37. (3) $ZrO^2(+TiO^2)$ 2,84. (4) S 0,09. (5) ZrO^2 1,96; Cl 0,03.

Il serait important de trouver le gisement en place de l'ordosite, afin de déterminer si elle forme de grandes masses homogènes, ce que semble indiquer l'abondance de ses blocs et l'uniformité de leurs caractères extérieurs, ou bien si elle constitue seulement un facies de variation d'une syénite de caractère moins exceptionnel. En tout cas son existence et son association à une grorudite montre que l'Ordos, jusqu'ici inexploré, possède une constitution lithologique intéressante et l'on peut s'attendre à y rencontrer d'autres roches alcalines.

M. **Appell**, en présentant à l'Académie une monographie dont il est l'auteur et qui est intitulée : *Sur une forme générale des équations de la dynamique*, s'exprime comme il suit :

La forme dont il est question fait intervenir la fonction que de Saint-Germain a appelée l'énergie d'accélérations

$$S = \frac{1}{2} \Sigma m J^2,$$

J désignant l'accélération du point de masse m, comme dans la forme donnée par Lagrange intervient l'énergie de vitesses

$$T = \frac{1}{2} \Sigma m V^2.$$

Ainsi que je l'ai montré, la nouvelle forme d'équations est l'expression analytique du principe de la moindre contrainte de Gauss; elle s'applique aux liaisons non holonomes et à des liaisons exprimables par des relations non linéaires; elle paraît devoir s'étendre à certains phénomènes physiques. La bibliographie est donnée dans la publication même.

Cette publication constitue le premier fascicule du *Mémorial des Sciences mathématiques* publié sous le patronage d'un grand nombre d'Académies et de Sociétés savantes parmi lesquelles il convient ici de mentionner tout spécialement l'Académie des Sciences de Paris; le directeur du *Mémorial* est M. Villat, Correspondant de l'Académie, professeur à l'Université de Strasbourg. Le but du *Mémorial des Sciences mathématiques* est de constituer un ensemble de petits volumes sur tous les sujets intéressant les Mathématiques. Chacun de ces volumes donnera l'exposé et la mise au point d'une question précise et bien délimitée, sur laquelle on trouvera la suite ordonnée de tous les faits fondamentaux, de tous les résultats acquis et un tableau des principaux progrès qui paraissent actuellement désirables, ou en cours de réalisation. Il indiquera seulement les grandes lignes des démonstrations, et l'on ne verra pas citer toutes les démonstrations successives, par exemple, d'un même résultat, si deux ou trois seulement d'entre elles ont une réelle importance. C'est dire que la documentation de chaque fascicule sera critique et non pas encyclopédique, en ce sens que parmi les travaux cités, ceux qui contiennent les idées vraiment neuves et fécondes seront, comme il convient, spécialement mis en évidence. Une solide bibliographie, d'une consultation aisée, sera placée à la fin des volumes.

Nous pensons que les fascicules du *Mémorial* sont appelés à rendre de grands services. En ce qui concerne l'enseignement, ils sont destinés à combler une lacune, en abordant des sujets importants restés en dehors des programmes d'examens, ou à peine abordés dans les grands Traités.

D'autre part, tous les chercheurs estimeront fructueuse l'existence d'une Collection leur permettant de s'assimiler aisément, au moyen d'un guide sûr, l'essence d'une théorie qui ne rentrerait pas dans le cadre de leurs études habituelles.

Je ne puis donner ici la liste des nombreux collaborateurs du *Mémorial*. Tous les mathématiciens ont accueilli favorablement l'idée et la réalisation de cette œuvre qui répond à un véritable besoin.

M. Tullio Levi-Cività fait hommage à l'Académie de ses *Lezioni di Calcolo differenziale assoluto*, recueillies et rédigées par Enrico Persico.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Settimo centenario della Università di Napoli. Storia della Università di Napoli*, scritta da Francesco Torraca, Gennaro Maria Monti, Riccardo Filangieri di Candida, Nino Cortese, Michelangelo Schipa, Alfredo Zazo, Luigi Russo. (Transmis par le professeur Ferruccio Zambonini, recteur de l'Université.)

2° *La vie des animaux à la surface des continents*, par L. Germain. (Présenté par M. L. Joubin.)

3° *Chaire de Médecine exotique de la Faculté de Constantinople. Études et Notes* (1923). (Présenté par M. H. Vincent.)

M. **Léon Guillet** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1924.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les groupes plans à deux transformations infinitésimales fondamentales*. Note de M. **G. Kowalewski**.

En cours de mes travaux sur la géométrie intrinsèque des groupes de transformations ponctuelles j'ai obtenu comme corollaire ce résultat, remarquable par sa généralité, que, dans chaque groupe plan à r paramètres, transformant transitivement les éléments d'ordre $r-2$, il y a deux transformations infinitésimales Xf, Yf, qui, par crochetage continué, engendrent le groupe entier. Par « crochetage continué » j'entends ici la formation des crochets (XY), $[X(XY)]$, $[Y(XY)]$, etc. Le théorème subsiste encore, comme je vais le montrer, pour les groupes plans de transformations de contact.

Soit G_r un tel groupe à r paramètres transitif par rapport aux éléments d'ordre $r-2$. En étendant ses équations finies, réunies dans l'équation symbolique [1]

$$e'_1 = (e_1)\, S_a,$$

(1) e_n est le symbole d'un élément d'ordre n ayant les coordonnées $x, y, y_1, \ldots, y_n$.

jusqu'à l'ordre $r-2$, on obtiendra un système d'équations équivalent à l'équation symbolique

$$(1) \qquad e'_{r-2} = (e_{r-2})\, S_a.$$

A cause de la transitivité des éléments e_{r-2} on peut regarder les paramètres $a_1, \ldots, a_r$ comme fonctions de e_{r-2} et e'_{r-2} et écrire avec M. E. Cartan $S_{e_{r-2}}^{e'_{r-2}}$ pour S_a. Soit maintenant E_{r-2} un autre élément d'ordre $r-2$, que nous soumettrons à la même transformation S_a, c'est-à-dire qu'on aura

$$(2) \qquad E'_{r-2} = (E_{r-2})\, S_{e_{r-2}}^{e'_{r-2}}.$$

Fixant alors d'une manière quelconque (mais générale) e'_{r-2}, la relation (2) reste valable quand on soumet e_{r-2} et E_{r-2} à une même transformation du groupe G_r, et les coordonnées X', Y', $Y'_1, \ldots, Y'_{r-2}$ de E'_{r-2} seront les invariants de e_{r-2} et E_{r-2}, prises de telle sorte, qu'ils se réduisent à $X, Y, Y_1, \ldots, Y_{r-2}$ pour $e_{r-2} = e'_{r-2}$. Ce seraient d'après la terminologie de M. E. Cartan les coordonnées relatives $u_1(E_{r-2}, e_{r-2}), \ldots, u_r(E_{r-2}, e_{r-2})$ de E_{r-2} par rapport à e_{r-2}.

Faisons maintenant varier e_{r-2} le long d'une courbe, E_{r-2} restant fixe, et soit $ds = \omega(e_{r-2})\,dx$ l'élément d'arc invariant du groupe G_r. Les dérivées $\frac{du_1}{ds}, \ldots, \frac{du_r}{ds}$ seront des invariants de E_{r-2} et de e_{r-1} (élément d'ordre $r-1$) et contiendront linéairement la plus haute dérivée y_{r-1}. Or, d'après un théorème que j'ai établi dans mes travaux sur les invariants différentiels, e_{r-1} admet un invariant I_{r-1} de la forme $\alpha(e_{r-2}) + y_{r-1}\beta(e_{r-2})$. On pourra donc écrire

$$\frac{du_\rho}{ds} = v_\rho(E_{r-2}, e_{r-2}) + I_{r-1} w_\rho(E_{r-2}, e_{r-2}),$$

où v_ρ et w_ρ seront des invariants simultanés de E_{r-2} et de e_{r-2} et par conséquent fonctions de $u_1, \ldots, u_r$. Introduisons enfin une fonction arbitraire f de $u_1, \ldots, u_r$, on aura la relation suivante :

$$(3) \qquad \frac{df}{ds} = \Sigma V_\rho(u) \frac{\partial f}{\partial u_\rho} + I_{r-1} \Sigma W_\rho(u) \frac{\partial f}{\partial u_\rho}.$$

Cela veut dire que, l'élément e_{r-2} variant par l'arc ds le long d'une courbe, il se produit dans les coordonnées relatives u d'un élément fixe E_{r-2} (par rapport à e_{r-2}) la transformation infinitésimale, dont le symbole de Lie se trouve au côté droit de l'équation (3). D'autre part, l'équation (2) et la

suivante

$$(2') \qquad E'_{r-2} + dE'_{r-2} = (E_{r-2})\, S_{e_{r-2}+de_{r-2}}^{e'_{r-2}}.$$

donnent tout de suite

$$E'_{r-2} + dE'_{r-2} = (E'_{r-2})\, S_{e_{r-2}}^{e_{r-2}} S_{e_{r-2}+de_{r-2}}^{e'_{r-2}},$$

d'où l'on voit que la susdite transformation infinitésimale appartient au groupe G_r, qui contiendra aussi

$$\Sigma V_\rho(u) \frac{\partial f}{\partial u_\rho} = Vf, \qquad \Sigma W_\rho(u) \frac{\partial f}{\partial u_\rho} = Wf.$$

L'équation (3) s'écrira donc comme il suit :

$$(3^*) \qquad \frac{df}{ds} = Vf + I_{r-1} Wf.$$

C'est l'expression la plus abrégée des conditions d'identité (pour E_{r-2}) de la géométrie intrinsèque du groupe G_r.

De cette formule fondamentale on peut déduire une conclusion remarquable. Cherchons les solutions communes des équations $Vf = 0$, $Wf = 0$. On devra faire de ces équations par crochetage continué un système complet, et je vais montrer que ce système contient r équations indépendantes et n'a pas d'autre solution que $f = \text{const.}$ Il résulte en effet de la formule (3^*), qu'une telle solution f devra rester invariable, E_{r-2} étant fixe et e_{r-2} variant le long d'une courbe. Si cette courbe renferme l'élément e'_{r-2}, on aura pour tout élément e_{r-2} voisin de e'_{r-2}

$$f[u_1(E_{r-2}, e_{r-2}), \ldots, u_r(E_{r-2}, e_{r-2})] = f(X, Y, Y_1, \ldots, Y_{r-2}).$$

D'autre part, f est un invariant simultané de E_{r-2} et de e_{r-2}, c'est-à-dire $f(X, Y, Y_1, \ldots, Y_{r-2})$ un invariant de E_{r-2}, donc $f = \text{const.}$

Or Vf et Wf sont des transformations infinitésimales du groupe G_r, étendues à l'ordre $r - 2$, et un crochet étendu est toujours le crochet des transformations étendues. On peut donc établir ce théorème, que Vf et Wf engendrent par crochetage continué le groupe G_r. En particulier pour chacun des trois groupes irréductibles de transformations de contact G_{10}, G_7, G_6, qui d'après Sophus Lie existent dans le plan, il y a deux transformations infinitésimales fondamentales, qui par crochetage continué engendrent le groupe entier.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des polynomes qui se rattachent à ceux de M. Appell.* Note de M. **Angelesco**, présentée par M. Appell.

1. Si, entre deux polynomes $A_n(x)$ et $B_n(x)$, du même degré n en x, on a la relation

$$e^x A_n = \frac{d^n e^x B_n}{dx^n}, \tag{1}$$

on a inversement

$$B_n(x) = \frac{1}{(n-1)!}\int_0^\infty e^{-v} v^{n-1} A_n(x-v)\,dv. \tag{2}$$

2. Supposons premièrement que les polynomes A_n soient de la classe étudiée par M. Appell; par suite que l'on a

$$A'_n = nA_{n-1}, \qquad \varphi(\alpha)e^{\alpha x} = \sum \frac{\alpha^n}{n!} A_n(x),$$

on a alors

$$nB_{n-1} = B'_n + B''_n.$$

Si l'on cherche la fonction $S(\alpha, x)$ définie par l'égalité

$$S(\alpha, x) = \sum \frac{\alpha^n}{n!} B_n(x),$$

on trouve

$$S(\alpha, x) = \psi(\alpha)\, e^{\frac{-1+\sqrt{1+4\alpha}}{2}x},$$

$$\psi(\alpha) = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2\sqrt{1+4\alpha}}\right)\varphi\left(\frac{2\alpha}{1+\sqrt{1+4\alpha}}\right).$$

3. Supposons, en second lieu, que les polynomes B_n soient de la classe étudiée par M. Appell, donc

$$B'_n = nB_{n-1}, \qquad \varphi(\alpha)e^{\alpha x} = \sum \frac{\alpha^n}{n!} B_n(x),$$

alors

$$A_n = n(A_{n-1} + A'_{n-1}).$$

En posant

$$S(\alpha, x) = \sum \frac{\alpha^n}{n!} A_n,$$

on trouve

$$S(\alpha, x) = \psi(\alpha)\, e^{\frac{\alpha x}{1-\alpha}},$$

$$\psi(\alpha) = \frac{1}{1-\alpha}\varphi\left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right).$$

Remarque. — Les résultats précédents peuvent être facilement étendus en remplaçant, dans l'égalité initiale (1), e^x par $e^{\lambda x}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la semi-continuité.*
Note de M. **André Roussel**, présentée par M. Hadamard.

La méthode des suites minimisantes, introduite par MM. Arzela et Hilbert dans le calcul des variations, a attiré l'attention des géomètres sur une propriété des fonctions de lignes qu'on y considère : celle de *semi-continuité*. Les recherches de M. Leonida Tonelli et de M. Édouard Goursat (1) l'ont établie pour les intégrales conduisant à des problèmes réguliers. Je me propose de retrouver ce résultat fondamental par une voie très simple, en même temps très favorable aux applications.

En outre j'indiquerai de nouveaux exemples de fonctionnelles semi-continues, plus générales que celles qui interviennent dans le calcul des variations classique.

I. *Démonstration de la semi-continuité.* — Nous prendrons l'intégrale sous forme paramétrique

$$(1) \qquad \mathfrak{J}_c = \int_c F(x, y, x', y')\, ds \qquad \left(x' = \frac{dx}{ds}, y' = \frac{dy}{ds}\right)$$

et nous désignerons par F_1 la valeur des rapports tels que $\frac{F_{x'^2}}{y'^2}$. Le théorème à établir est le suivant :

Si F_1 est positif ou nul, l'intégrale $\mathfrak{J}_c$ est semi-continue inférieurement, dans la classe de toutes les courbes rectifiables de longueur bornée.

Nous nous appuierons sur la continuité de l'intégrale

$$(2) \qquad \int_c [P(x, y)x' + Q(x, y)y']\, ds.$$

Soient C_0 la courbe initiale, M_0 son point courant, Π_0 le plan tangent à la figurative Γ_0 relative à M_0, qui correspond aux valeurs (x'_0, y'_0) des dérivées. Quand M_0 décrit C_0, Π_0 varie continûment. A chaque Γ, on peut faire correspondre un plan tangent particulier Π, variant continûment avec (x, y) et tendant vers Π_0 quand (x, y) tend vers (x_0, y_0). Il est clair que, en dési-

(1) Leonida Tonelli, *Fondamenti di calcolo delle variazioni* (Bologne, 1924). On trouvera à la page 262 du Tome 1 l'indication des principaux Mémoires de l'auteur. Voir également Goursat, *Sur quelques fonctions de lignes semi-continues* (*Bulletin de la Société mathématique de France*, t. 43, 1915, p. 118-130).

gnant par $\mathfrak{J}'$ l'intégrale obtenue en remplaçant Γ par Π,

$$\mathfrak{J}_{c_0} = \mathfrak{J}'_{c_0}.$$

D'autre part, pour toutes les courbes C d'un domaine (ρ) assez petit, on a

$$|\mathfrak{J}'_{C} - \mathfrak{J}'_{C_0}| \leqq \varepsilon.$$

Donc

$$\mathfrak{J}'_{C} \geqq \mathfrak{J}'_{C_0} - \varepsilon.$$

Or, si $F_1 \geqq 0$, Γ sera tout entière au-dessus de Π (ou se confondra avec Π en certains points particuliers). Par suite,

$$\mathfrak{J}_{C} \geqq \mathfrak{J}'_{C}, \qquad \text{d'où} \qquad \mathfrak{J}_{C} \geqq \mathfrak{J}_{C_0} - \varepsilon.$$

Le raisonnement s'étend aux intégrales de surface :

$$\iint_{(S)} F(x, y, z, \alpha, \beta, \gamma)\, d\sigma.$$

Nous avons supposé implicitement que, sur chaque courbe, la tangente varie d'une manière continue. C'est là une restriction superflue, étant donné que l'ensemble des points de discontinuité de cette direction est de mesure arbitrairement petite.

II. *Généralisation.* — Je vais maintenant étendre la semi-continuité à des cas où F dépend explicitement de l'arc s de la courbe C, allant de sa première extrémité à son point courant.

Théorème. — *Si* $\int_C F(x, y, x', y', a)\, ds$ *est semi-continue inférieure, quel que soit le nombre* a *de l'intervalle* (O, M), *l'intégrale*

$$\int_C F(x, y, x', y', s)\, ds$$

est semi-continue inférieure dans la classe des courbes de longueur L *inférieure à* M, *si dans l'intervalle* (O, M), *la dérivée* $\frac{\partial F}{\partial s}$ *est continue et jamais négative.*

Si $M = +\infty$, le théorème est vrai, quel que soit L.

Soit C_0 la courbe initiale; affectons de l'indice zéro les quantités qui lui sont relatives.

Soient

$$(3)\quad \left\{\begin{array}{lll} x = x_0(t), & x = x(t) & \\ y = y_0(t), & y = y(t) & \end{array}\right. \quad (\alpha \leqq t \leqq \beta), \quad x' = \frac{dx}{dt}, \quad y' = \frac{dy}{dt},$$

les équations paramétriques de C_0 et de C. Il faut comparer

$$\mathfrak{J}_C = \int_\alpha^\beta F(x, y, x', y', s)\, dt \qquad \text{et} \qquad \mathfrak{J}_{C_0} = \int_\alpha^\beta F(x_0, y_0, x'_0, y'_0, s_0)\, dt.$$

On démontre d'abord la semi-continuité inférieure de l'intégrale

$$\int_\alpha^\beta F(x, y, x', y', s_0)\, dt,$$

puis on passe de celle-ci à $\mathfrak{J}_C$ en tenant compte de la semi-continuité inférieure des longueurs.

Plus généralement, on peut, en conservant la semi-continuité, remplacer a par une expression de la forme

$$\int_0^s ds \int_0^s ds \ldots \int_0^s \Phi(x, y, x', y', s)\, ds,$$

où

$$\Phi \geqq 0, \qquad \Phi_1 \leqq 0, \qquad \frac{\partial \Phi}{\partial s} \geqq 0.$$

Exemple : Moment d'inertie, par rapport à l'origine O d'une courbe plane dont la densité linéaire ρ est fonction donnée de l'arc :

$$(4)\qquad I_c = \int_0^L \rho(s)(x^2 + y^2)\, ds.$$

Si $\rho'(s) \geqq 0$, I_c est semi-continue inférieurement.

Cet exemple montre bien la nécessité de la restriction : $\frac{\partial F}{\partial s} \geqq 0$. Prenons en effet pour c_0 un segment de droite issu de O, et pour $\rho(\alpha)$ une fonction positive décroissante, tendant vers zéro comme $\frac{1}{s^n}$ $(n > 1)$ quand s croît indéfiniment. Si L est assez grande, on aura $I_c < I_{c_0}$, car la partie de c, de masse prépondérante, sera très voisine de o.

Or on aura bien

$$\rho'(1) < 0.$$

AÉRONAUTIQUE. — *Étude du vol plané dans un vent de direction oscillante et dans un vent oscillatoire de courte période.* Note de M. A. **Alayrac**, présentée par M. G. Kœnigs.

La méthode que j'ai exposée au début de ma Communication précédente (¹) pour l'étude du vol plané dans un vent variable de longue période s'applique à un vent de direction oscillatoire dans le plan vertical ou dans le plan horizontal en considérant ce vent comme la résultante d'un vent uniforme horizontal, qui n'a aucun effet sur la montée ou la descente, et d'un vent oscillatoire vertical ou horizontal perpendiculaire au vent uniforme. Le problème se ramène à l'étude du vol plané dans un vent d'accélération verticale ou perpendiculaire au mouvement. Avec l'accélération verticale, l'accélération de la pesanteur est la seule quantité modifiée dans les équations du mouvement; elle est remplacée par $g \pm W'$, et si l'on considère, comme je l'ai fait, des accélérations constantes, la pente de descente dans le mouvement relatif sera la même qu'en atmosphère calme, et l'appareil aura toujours descendu au cours d'une période. Avec l'accélération horizontale perpendiculaire au mouvement, la pente de descente u sera telle que

$$\sin u = -\frac{\sin\beta}{\cos\gamma}$$

(β pente de descente planée en air calme), donc la pente sera augmentée.

Ces résultats sont en contradiction apparente avec ceux qui ont été obtenues récemment par MM. Rateau et Breguet (²), mais je me suis placé à un point de vue différent. Un appareil stable dans un vent de direction variable tend à prendre une orientation invariable par rapport à la vitesse relative. J'ai supposé qu'il prenait constamment cette orientation, c'est-à-dire que son inertie de rotation est négligeable; les auteurs précités ont supposé que l'orientation restait fixe dans l'espace, c'est-à-dire que l'inertie de rotation était infinie. Cette dernière hypothèse s'appliquera mieux au cas des oscillations très rapides.

J'ai voulu cependant étudier, avec mon hypothèse, le cas des oscillations de courte durée auxquelles ne s'applique pas la méthode indiquée dans ma Communication précédente, en développant par un procédé particulier les

(¹) *Comptes rendus*, t. 180, 1925, p. 260.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 280, 623, 755 et 925.

solutions des équations différentielles du mouvement. Ces équations étant de la forme

$$\frac{d^2x}{dt^2}=f(u,w)+f_1 t, \qquad \frac{d^2z}{dt^2}=\varphi(u,w)+\varphi_1(t)$$

et les conditions initiales étant telles que

$$f(u_0,w_0)=\varphi(u_0+w_0)=0,$$

je développe z par la formule de Mac-Laurin et je groupe les termes contenant les dérivées successives des fonctions f_1 et φ_1 par rapport à t. Le développement prend la forme

$$z=z_0+w_0 t+\int_2\varphi_1\,dt^2+\varphi'_u\int_3 f_1\,dt^3+\varphi'_w\int_3\varphi_1\,dt^3+\varphi'_u(f'_u+\varphi'_w)$$
$$+\int_4 f_1\,dt^4+(\varphi'_u f'_w+\varphi'^2_w)\int_4\varphi_1\,dt^4+\varphi''_{u^2}\int_4 f_1^2\,dt^4+\varphi''_{w^2}\int_4\varphi_1^2\,dt^4+\ldots$$

en posant

$$\int_n\varphi\,dt^n=\int_0^t dt\int_0^t dt\ldots\int_0^t\varphi\,dt.$$

J'ai appliqué tout d'abord cette méthode à l'étude du vol plané dans un vent horizontal de direction uniforme et dont la vitesse est de la forme

$$W=W_0+a(1-\cos\lambda t)$$

et la période $\frac{2\pi}{\lambda}$ très petite.

Les équations du mouvement relatif sont :

$$\frac{d^2x}{dt^2}=-\frac{g}{V_0^2}\sin\beta\,u\sqrt{u^2+w^2}-\frac{g}{V_0^2}\cos\beta\,w\sqrt{u^2+w^2}+a\lambda\sin\lambda t=f(u,w)+f_1(t),$$
$$\frac{d^2z}{dt^2}=-\frac{g}{V_0^2}\sin\beta\,w\sqrt{u^2+w^2}+\frac{g}{V_0^2}\cos\beta\,u\sqrt{u^2+w^2}-g\qquad=\varphi(u,w),$$

V_0 étant la vitesse et β la pente de descente planée uniforme. Je suppose que les conditions initiales sont celles de la descente planée

$$x_0=z_0=t_0=0,\qquad u_0=V_0\cos\beta,\qquad w_0=-V_0\sin\beta.$$

Si je développe z et u, par la méthode indiquée, dans l'intervalle d'une période $T=\frac{2\pi}{\lambda}$ en conservant seulement les trois premiers termes, ce qui est légitime si λ et V_0 sont assez grands, les conditions pour que Δz et Δu soient positifs sont :

$$V_0^2<\frac{ga}{\beta}T,\quad T<\frac{V_0}{g},\qquad \text{d'où}\qquad V_0<\frac{a}{\beta},$$

a étant la demi-amplitude de l'oscillation et β la pente de descente planée :

$$\operatorname{tang}\beta = \frac{R_x}{R_z}.$$

La conclusion est qu'un oiseau de faible poids, donc de faible vitesse, pourra utiliser facilement des oscillations de courte période et de faible amplitude; cette utilisation sera difficile pour un appareil plus lourd.

L'étude de l'oscillation verticale (effet Katzmayr) se fera par la même méthode, mais l'accélération du vent (qui sera dans ce cas de la forme $a\lambda\cos\lambda t$, car la composante verticale oscille autour de la position zéro) figurera dans la seconde équation. En développant z pour une période et supposant β assez petit pour que les termes contenant $\frac{\beta}{V_0}$ en facteur puissent être négligés, le développement donne :

$$z = T\left[-\frac{g^2a^2}{2\pi V_0^2}T^2 + \left(\frac{a}{2\pi} - V_0\beta\right)\right],$$

d'où la première condition nécessaire $V_0 < \frac{a}{2\pi\beta}$ qui exigerait une très faible valeur de la vitesse, ou une grande amplitude d'oscillation.

J'ai négligé, comme je l'ai dit, les variations d'angle d'attaque dues à l'inertie de rotation.

Les auteurs précités n'ont fait état que de cette variation, à laquelle ils ont donné sa valeur maxima. Ils ont admis que lorsque la valeur moyenne de la résistance R_x était nulle pendant une période, l'appareil n'avait pas descendu, affirmation qui ne me paraît pas démontrée.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *L'entraînement de l'éther et l'aberration des étoiles*. Note [1] de M. **André Metz**, présentée par M. Émile Borel.

M. Brylinski [2] a examiné si l'hypothèse de l'entraînement de l'éther par la Terre était incompatible avec l'aberration des étoiles, telle que l'observation la révèle. Ce travail faisait suite à une série d'études où cet auteur a traité à nouveau avec une grande précision les problèmes posés par l'expérience de M. Michelson. Ces recherches en ont d'ailleurs suscité

---

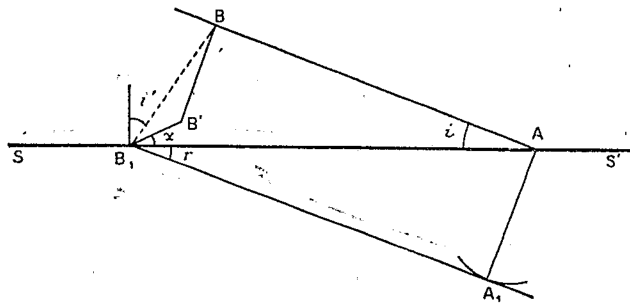
(1) Séance du 9 février 1925.

(2) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1034.

d'autres et fait ressortir l'utilité d'une discussion approfondie de questions souvent trop rapidement traitées.

En particulier, la théorie la plus répandue au sujet de l'*aberration* des étoiles est celle-ci : *l'aberration, telle qu'elle est révélée par l'expérience, est entièrement expliquée par l'hypothèse de l'éther non entraîné par la Terre; elle est donc en contradiction avec l'hypothèse de l'éther entraîné*. Mais le calcul justificatif de la dernière proposition manque généralement.

C'est ce calcul que s'est proposé de faire M. Brylinski [1]. Soient SS' la trace de la surface de séparation entre l'éther immobile des espaces interplanétaires et l'éther entraîné, AB celle d'une onde plane incidente faisant l'angle i avec cette surface et α l'angle de la direction du mouvement de translation de l'éther *entraîné* avec la surface de discontinuité.



Prenons des axes liés à la Terre, dont nous négligeons la rotation; au bout du temps t, tel que $BB' = ct$ et $B_1B' = vt = \beta ct$, le point B est venu en B'. En menant de B_1 la tangente au cercle de centre A ayant ct pour rayon, on a, en B_1A_1, la trace de l'onde dans la partie entraînée de l'éther (qui est en repos par rapport aux axes choisis); soit r l'angle que fait A_1B_1 avec la surface de séparation.

Ce préambule est celui de M. Brylinski; il calcule ensuite la valeur de i' et celle de r.

La valeur de i' est celle qui correspond à l'aberration classique dans l'éther non entraîné : on a, à l'approximation admise,

$$i' - i = \beta \cos(\alpha + i) = \Delta$$

et r est donnée par

$$\sin r = \frac{\sin i \cos(\alpha + i')}{\cos(i' - i)\cos(\alpha + i)}.$$

(1) La figure reproduite ici est celle de la page 1034 des *Comptes rendus*, t. 179, 1924, avec la rectification de deux erreurs matérielles.

La nouvelle aberration dans l'hypothèse étudiée est $i - r = \Delta'$.

Une erreur s'est glissée ici dans la Note de M. Brylinski, qui a écrit $i' - r$. C'est $i - r$ qu'il faut écrire, car les directions des étoiles qui doivent être considérées comme les *directions vraies* sont les perpendiculaires aux ondes telles que AB, directions qui *ne sont pas influencées* par la vitesse relative de l'éther entraîné et de l'éther non entraîné (alors que les directions telles que BB_1, d'où il faudrait partir pour justifier la formule $i' - r$, sont déjà faussées par l'*aberration* dans l'éther non entraîné).

Il résulte de cette correction (¹) que Δ' s'exprime, à l'approximation admise, par

$$\Delta' = B \operatorname{tang} i \sin(\alpha + i),$$

valeur très différente de l'aberration classique Δ. En particulier pour une étoile située dans une direction perpendiculaire au mouvement de la Terre, on a

$$\alpha + i = 0.$$

Dans ce cas, l'aberration hypothétique Δ' résultant de l'éther entraîné serait nulle, alors que l'aberration Δ observée est alors maximum (²).

Il résulte de ce calcul que l'aberration des étoiles, telle que l'observation la révèle, est incompatible avec l'hypothèse de l'entraînement de l'éther par la Terre.

(¹) M. Brylinski, à qui cette Note a été soumise, a bien voulu donner son approbation à cette correction, ainsi qu'à la conclusion qui en résulte sur l'incompatibilité de l'hypothèse de l'entraînement avec les observations astronomiques.

(²) Il semble également que l'éther ne devrait pas (dans l'hypothèse de l'entraînement) être entraîné *en bloc*, ainsi que le fait remarquer M. Brylinski à la fin de sa Communication; il y aurait sans doute une série de couches glissant les unes sur les autres parallèlement à leur surface de séparation, de sorte que le calcul de la présente Note s'appliquerait à la considération de *deux couches successives*, avec $\alpha = 0$.

Cette remarque ne change pas les conclusions : en effet, dans le cas particulier d'une étoile située dans une direction perpendiculaire au mouvement de la Terre, toutes les couches successives traversées seraient parallèles entre elles et parallèles aux ondes considérées; l'aberration Δ' serait donc encore nulle au total.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la fréquence propre de l'électron.* Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans une théorie des quanta, j'ai été amené à supposer l'existence d'un phénomène périodique lié à tout électron (point matériel). Ce phénomène serait, pour un observateur immobile par rapport à l'électron, répandu dans tout l'espace avec la même phase et posséderait la fréquence $\nu_0 = \frac{m_0 c^2}{h}$.

Il pourrait donc être représenté pour ledit observateur par une fonction de la forme $\varphi(r_0)\cos 2\pi\nu_0 t_0$, t_0 étant le temps propre du mobile et r_0 la distance au centre de l'électron. Pour un second observateur voyant passer le mobile avec une vitesse constante βc, le phénomène serait réparti dans l'espace au point de vue des phases comme une onde plane se propageant dans la même direction avec la vitesse $V = \frac{c}{\beta} > c$ et posséderait la fréquence $\nu = \frac{\nu_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$.

Ces définitions sont incomplètes parce qu'elles ne précisent ni la nature, ni la répartition spatiale du phénomène en question. En particulier, si, comme il est naturel, on lui attribue une nature électromagnétique, on peut se demander comment l'existence de la vitesse $V > c$ est compatible avec le fait que les grandeurs électromagnétiques obéissent dans le vide à l'équation de propagation $\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = \Delta A$.

Je vais donner un résultat relatif à ces questions, mais auparavant je ferai la remarque suivante : en comparant les expressions données ci-dessus pour V et ν, on voit que le quotient $\frac{c}{V} = n$, analogue à un indice de réfraction que posséderait le vide pour les ondes de l'électron, est égal à $\sqrt{1 - \frac{\nu_0^2}{\nu^2}}$. C'est une sorte d'équation de dispersion.

Considérons maintenant une grandeur électromagnétique A se propageant dans le vide conformément à l'équation $\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = \Delta A$.

Supposons que les surfaces équiphases soient à tout instant des plans normaux à une direction que nous prendrons pour axe des z.

A pourra être la partie réelle de l'expression $\varphi(x, y, z, t)\, e^{2\pi i\nu\left(t-\frac{z}{V}\right)}$ à

condition que l'on ait

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}+\frac{4\pi i\nu}{c^2}\frac{\partial\varphi}{\partial t}-\frac{4\pi^2\nu^2}{c^2}\varphi=\Delta\varphi-\frac{4\pi^2\nu^2}{V^2}\varphi-\frac{4\pi i\nu}{V}\frac{\partial\varphi}{\partial z}.$$

Séparons le réel et l'imaginaire. Il vient d'abord

$$\frac{\partial\varphi}{\partial t}=-\frac{c^2}{V}\frac{\partial\varphi}{\partial z}.$$

Donc φ ne dépend de t et de z que par la combinaison $u = z - \frac{c^2}{V}t$.

D'autre part, on trouve aussi

$$4\pi^2\nu^2\left(\frac{1}{V^2}-\frac{1}{c^2}\right)=\frac{1}{\varphi}\left(\Delta\varphi-\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}\right).$$

Désignons par a le second membre de cette égalité. Il vient

$$\frac{c}{V}=n=\sqrt{1+\frac{ac^2}{4\pi^2\nu^2}}.$$

Nous pouvons identifier cette expression avec celle qui résulte des considérations rappelées au début, en posant $a = -\frac{4\pi^2\nu_0^2}{c^2}$ et l'on aura $\frac{c^2}{V} = \beta c$.

Mais alors

$$\Delta\varphi-\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}=-\frac{4\pi^2\nu_0^2}{c^2}\varphi,$$

et comme φ ne dépend que de x, y et u, on trouve aisément

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial u^2}(1-\beta^2)=-\frac{4\pi^2\nu_0^2}{c^2}\varphi.$$

Faisons un changement de variables, en posant

$$x_0=x,\qquad y_0=y,\qquad z_0=\frac{u}{\sqrt{1-\beta^2}}=\frac{z-\beta ct}{\sqrt{1-\beta^2}},$$

et écrivons Δ_0 pour $\frac{\partial^2}{\partial x_0^2}+\frac{\partial^2}{\partial y_0^2}+\frac{\partial^2}{\partial z_0^2}$. On obtient

$$\Delta_0\varphi+\frac{4\pi^2\nu_0^2}{c^2}\varphi=0.$$

Or les coordonnées d'indice o sont celles qu'emploie pour repérer les points de l'espace un observateur lié à l'électron; pour celui-ci et en raison de la symétrie sphérique de l'électron, la fonction $\varphi(r_0)$ sera donc donnée

par

$$\frac{d^2\varphi}{dr_0^2} + \frac{2}{r_0}\frac{d\varphi}{dr_0} + \frac{4\pi^2\nu_0^2}{c^2}\varphi = 0,$$

dont l'intégrale générale est

$$\varphi(r_0) = \frac{K}{r_0}\cos\left(\frac{2\pi\nu_0 r_0}{c} + \alpha_0\right),$$

K et α_0 étant des constantes. En tenant compte de la transformation du temps quand on passe d'un système à un autre, on trouve ainsi pour la valeur A_0 de la fonction A dans le système de l'électron

$$A_0 = \frac{K}{r_0}\cos\left(\frac{2\pi\nu_0 r_0}{c} + \alpha_0\right)\cos 2\pi\nu_0 t_0$$

$$= \frac{K'}{r_0}\left\{\cos\left[2\pi\nu_0\left(t_0 + \frac{r_0}{c}\right) + \alpha_0\right] + \cos\left[2\pi\nu_0\left(t_0 - \frac{r_0}{c}\right) - \alpha_0\right]\right\}.$$

Tout se passe comme s'il y avait superposition d'une onde convergente et d'une onde divergente se propageant avec la vitesse c. Ce résultat pouvait se pressentir et rappelle un peu les analogies hydrodynamiques de Bjerknes; il permettra peut-être de définir plus exactement la grandeur périodique qui paraît intimement liée à l'existence même de la matière. En tout cas, il paraît certain que l'existence d'une vitesse de phase supérieure à c n'est pas incompatible avec l'équation électromagnétique de propagation des ondes.

Rappelons que la fréquence ν_0 est numériquement égale à $1,2.10^{20}\,\text{sec}^{-1}$ et la longueur d'onde $\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$ à $2,5.10^{-10}$ cm.

OPTIQUE. — *Vérification des réflecteurs pour projecteurs d'automobiles.* Note de M. A. Marsat, transmise par M. André Blondel.

Les méthodes employées pour la vérification des réflecteurs des projecteurs militaires (¹) ne sont pas applicables aux projecteurs d'automobiles

(¹) On connaît en particulier la méthode de Tschikolef qui consiste à photographier l'image vue à distance dans le miroir d'un réseau de droites rectangulaires tracées sur un écran blanc et la méthode décrite par M. Rey (*Comptes rendus*, t. 117, 1893, p. 329), qui consiste à projeter sur un écran blanc les ombres d'un quadrillage constitué par des fils tendus et éclairés par le faisceau du projecteur, éclairé par le cratère d'un petit arc électrique.

qui sont très creux et dont la distance focale est seulement à l'ordre du $\frac{1}{6}$ du diamètre maximum. La méthode suivante m'a permis d'obtenir une vérification rapide du degré de perfection des réflecteurs construits en série.

Lorsqu'un réflecteur parabolique AOB (*fig.* 1) reçoit un faisceau de rayons dirigés parallèlement à son axe focal OX, tous ces rayons, après réflexion sur la surface, viennent couper l'axe OX au foyer F, si le réflecteur est parfait; au contraire, il n'y a plus de foyer mais une caustique

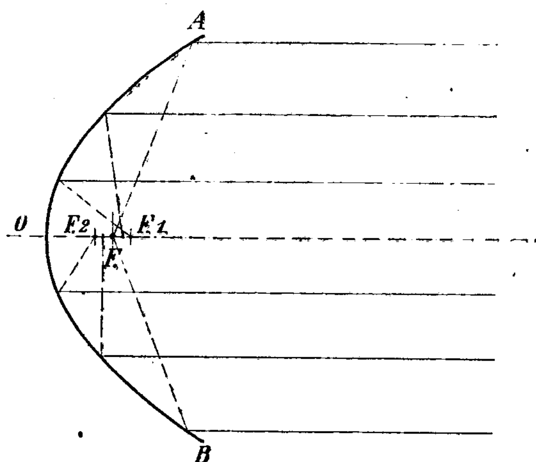


Fig. 1. — Réflexion d'un faisceau de lumière parallèle dans un réflecteur parabolique ayant de l'aberration.

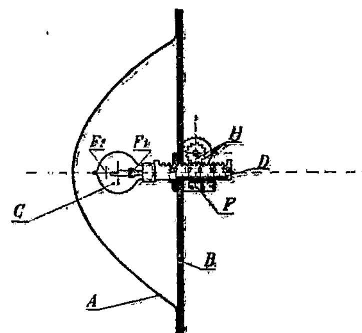


Fig. 2. — Appareil de vérification.

d'aberration lorsque le réflecteur n'est plus un paraboloïde parfait et la caustique comprend une certaine longueur F_1F_2 de l'axe OX. Si l'on place une petite source lumineuse (le filament d'une lampe électrique à incandescence) sur l'axe OX, mais en dehors de F_1F_2, un observateur placé à une très grande distance sur l'axe focal ne peut apercevoir aucun point lumineux sur la surface du miroir; si la source lumineuse est placée entre F_1 et F_2 l'observateur verra une tache brillante qui occupera une partie plus ou moins étendue du réflecteur. Au lieu de se transporter sur une très grande distance du réflecteur, l'observateur peut placer son œil au foyer d'une lentille de champ d'un diamètre supérieur à celui du réflecteur.

Mais il est plus commode d'examiner la tache lumineuse reçue sur un écran placé à une distance convenable (10 à 15^m pour des réflecteurs de 20 à 25^{cm} de diamètre).

Si la source lumineuse est en dehors de F_1 F_2, le faisceau lumineux reçu

sur l'écran a une partie centrale absolument noire. En déplaçant le corps éclairant vers $F_1 F_2$ la partie noire du faisceau diminue, et si la distance de l'écran au réflecteur est suffisammeut grande, par rapport au diamètre de celui-ci, on peut admettre, sans erreur sensible, qu'au moment où la tache noire n'a plus que des dimensions petites, l'une des extrémités du filament coïncide avec l'un des points F_1 ou F_2. En continuant le mouvement dans le même sens, la tache lumineuse diminue de grandeur, augmente à nouveau, puis il se produit au centre une nouvelle tache noire. Entre la disparition de la première tache et l'apparition de la deuxième, le filament a été déplacé d'une quantité égale à sa propre longueur augmentée de $F_1 F_2$. Si le support de la lampe est gradué, on peut facilement et très vite déterminer la longueur $F_1 F_2$ de la caustique d'aberration.

Parmi les miroirs que j'ai examinés, j'en ai trouvé un fort grand nombre qui avaient une aberration inférieure à 1^{mm}; par contre, dans les réflecteurs faits par d'autres procédés et sensiblement du même diamètre (20 à 25^{cm}) j'ai trouvé des caustiques qui atteignaient 8 et 10^{mm}. Il n'est pas besoin de faire des essais photométriques pour constater qu'avec les sources lumineuses de très petites dimensions, qui sont habituellement employées dans les projecteurs d'automobiles, le réflecteur qui a 8^{mm} d'aberration ne peut donner des résultats équivalents, à beaucoup près, aux résultats obtenus avec le réflecteur qui n'a que 1^{mm} d'aberration.

Cette méthode permet, en outre, de déterminer très facilement la distance focale moyenne du réflecteur, et elle est particulièrement apte à permettre de sélectionner les réflecteurs qui donneront de bons résultats et de refuser ceux qui donneraient des résultats insuffisants.

PHYSIQUE. — *Association moléculaire et équation d'état des gaz*. Note de M. A. Leduc, présentée par M. A. Cotton.

A l'époque déjà lointaine où j'ai calculé la fraction géminée des vapeurs anomales, j'ai admis implicitement que les gaz *normaux* étaient formés d'une seule sorte de molécules, à toute température et à toute pression. C'est dans cette hypothèse que j'ai conclu à la non-existence de l'association moléculaire dans le chlore [1] et à sa disparition dans la vapeur acétique et le peroxyde d'azote au voisinage de la température critique [2].

---

(1) *Comptes rendus*, t. 125, 1897, p. 937.
(2) *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 1314.

On incline aujourd'hui à considérer l'association comme un phénomène général, qui serait seulement très exagéré dans les vapeurs anomales. On admettra naturellement l'association la plus simple (gémination) et, pour déterminer la fraction géminée d'une masse de gaz dans certaines conditions, on comparera sa densité, non plus à celle d'un gaz *normal* de même formule, mais à celle d'un *gaz parfait d'un nouveau genre* obéissant à la loi (¹)

$$p(V - 2A) = RT.$$

Cette généralité de l'association a été invoquée par M. F. Keyes (²) pour expliquer la variation des coefficients de dilatation des gaz avec la température. On peut évidemment l'invoquer pour expliquer les variations du *volume moléculaire relatif*.

Bien qu'au premier abord, cette hypothèse ressemble fort à un artifice de calcul, elle se trouve singulièrement corroborée et précisée par l'essai théorique récent de M. J. Duclaux (³).

L'auteur considère que, sur les N molécules formant la molécule-gramme, $2n$ se sont jumelées pour former n molécules doubles, et que le système constitue un mélange de deux gaz parfaits auquel on peut appliquer la loi de Dalton. La pression totale est donc, si on laisse de côté la variation possible du covolume :

$$p = RT \times \frac{N - n}{N} : (V - 2A).$$

Les concentrations en molécules simples $\left(\gamma_1 = \frac{N - 2n}{NV}\right)$ et en molécules doubles $\left(\gamma_2 = \frac{n}{NV}\right)$ étant reliées par l'équation de Guldberg et Waage

(1) $$\gamma_2 = K\gamma_1^2,$$

on a finalement, après quelques approximations justifiées aux grands volumes :

(2) $$p = RT\left[\frac{1}{V - 2A} - \frac{K}{V^2\left(1 + \frac{4K}{V}\right)}\right].$$

(¹) V désigne le volume occupé par la molécule-gramme; R est la constante universelle ($8,319.10^7$ C. G. S.); le covolume moléculaire 2 A peut être considéré comme constant, et d'ailleurs négligeable aux faibles pressions. Cette loi (de A. Dupré) remplace avantageusement la loi $pV = RT$ suivant laquelle V pourrait devenir nul si p croissait sans limite. On admet qu'elle est applicable à tout gaz formé d'une seule sorte de molécules.

(²) *Bulletin Massachusset's Institute of technology*, vol. 57, 1922, p. 92.

(³) *Journal de Phys. et Radium*, 6ᵉ série, t. 5, 1924, p. 331.

Ici M. Duclaux se propose d'exprimer K en fonction de T, et, se limitant provisoirement au cas des grands volumes $\left(\frac{4K}{V}\right.$ négligeable vis-à-vis de $\left.1\right)$ il intègre l'équation de Van't Hoff

$$\frac{\partial}{\partial T}(\text{Log } K) = -\frac{JQ}{RT^2} \tag{3}$$

en supposant constante la chaleur Q de formation, à volume constant, d'une double molécule-gramme aux dépens de deux molécules simples. Il obtient ainsi une *équation qui s'identifie* sensiblement dans ces conditions *avec celle que j'ai fait connaître* (¹) si l'on tient compte de ce que la gémination s'évanouit aux très hautes températures

$$p = RT\left[\frac{V}{(V-A)^2} - 3,160\frac{A}{(V+A)^2}(4\chi - 1)\right]. \tag{4}$$

Je suis heureux de constater que l'expression de la pression intérieure dans ma formule, déjà confirmée par des considérations cinétiques, trouve une nouvelle base théorique dans les calculs de M. Duclaux. Mais laissant l'auteur perfectionner sa théorie, proposons-nous de calculer la fraction géminée et la quantité Q à diverses températures en nous limitant aux pressions de l'ordre de l'atmosphère.

Prenons le cas de CO^2, et supposons, pour fixer les idées, que la molécule-gramme occupe 22400^{cm^3}.

On calcule K en comparant les termes représentant la pression intérieure dans les équations (2) et (4). On a, en première approximation,

$$K_1 = 3,160\,A(4\chi - 1) = 1,217.10^7.\frac{T_c}{p_c}(4\chi - 1) \tag{5}$$

et l'on a une deuxième approximation très suffisante en écrivant

$$K = K_1\left[1 + 4\frac{K - A}{V}\right].$$

Pour calculer Q en première approximation, on applique les for-

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1132. Rappelons que χ est l'inverse de la température réduite et qu'on doit prendre

$$A = 0,0463 \times R\frac{T_c}{p_c}.$$

mules (3) et (5), ce qui donne pour CO^2

(6) $$Q = \frac{R}{J} \operatorname{Log} 4 \times T_c \times \frac{4\chi}{4\chi - 1} = 838 \frac{4\chi}{4\chi - 1} \text{ calories.}$$

La fraction géminée f est suffisamment donnée par

$$f = \frac{2n}{N} = \frac{2K}{V}.$$

Voici quelques nombres relatifs à l'acide carbonique :

t.	K_1.	K.	f.	Q.
— 80°............	396	423	0,0378	944
0............	186	191	170	1063
100............	105	107	95	1237
200............	72,2	72,8	63	1421
300............	54,4	55	48	1608
500............	36,3	36,4	0,0032	1992

On voit que la fraction géminée est d'environ 4 pour 100 dans la vapeur saturante, et que la variation de Q est à peu près linéaire entre 0° et 500°. Le calcul montre que fQ tend vers zéro lorsque T croît sans limite.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le renversement spontané des raies du spectre du néon.* Note de MM. **H. Buisson** et **C. Jausseran**, présentée par M. A. Cotton.

Dans un travail sur la largeur des raies spectrales, publié en 1912 (¹) M. Fabry et l'un de nous avons signalé que le spectre du néon possède des raies fines, produisant des interférences à grande différence de marche, et susceptibles d'être utilisées dans les mesures métrologiques. En 1923, M. Pérard (²), en étudiant avec l'interféromètre de Michelson la visibilité des franges produites par ces raies, a observé que plusieurs d'entre elles ne sont pas simples et semblent formées de doublets qui produisent des disparitions puis des réapparitions de franges. On peut encore les utiliser en métrologie, mais à condition d'introduire des corrections variables avec la différence de marche.

En cherchant la cause de ces divergences, nous avons été amenés à l'attribuer au renversement spontané de plusieurs des raies du spectre du

(¹) *Journal de Physique*, 5ᵉ série, t. 2, 1912, p. 442.
(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 375.

néon, quand elles sont émises par une certaine épaisseur de gaz lumineux. Ce renversement peut facilement être mis en évidence à l'aide des interférences produites par les lames argentées, ou étalons de Fabry et Perot. Les franges à l'infini, projetées par un objectif dans son plan focal, ont alors la forme d'anneaux circulaires. Un spectroscope, dont la fente coupe diamétralement ces anneaux, sépare les apparences dues à chaque raie. On voit alors dans le spectre toutes les raies sillonnées de bandes brillantes, d'autant plus fines que les raies d'émission sont plus étroites et la différence de marche plus faible. En prenant comme source un tube à néon muni d'électrodes latérales et présentant une partie capillaire qui débouche dans des parties larges, il est facile d'examiner la lumière émise dans la direction du tube, en bout, ou dans la direction normale, en travers. Avec une différence de marche de 30^{mm}, la lumière émise par le travers donne pour toutes les raies, sauf la raie 6402, des franges parfaitement fines et simples. Au contraire, si la lumière est émise en bout, la plupart des raies donnent des franges dédoublées, dont l'écartement varie selon les raies. En prenant pour source un tube rectiligne de 10^{mm} de diamètre et de 50^{cm} de long, sans boules terminales, il est facile de passer de l'émission normale, par le travers, qui donne des raies simples, à l'émission des raies dédoublées en inclinant peu à peu le tube sur la direction d'observation, ce qui a pour effet d'accroître l'épaisseur de gaz traversée par la lumière émise.

Si l'on observe avec une différence de marche croissante, les dédoublements sont de plus en plus visibles, mais correspondent toujours au même écart des composantes de la raie. Certaines raies, qui semblaient rester simples, présentent le dédoublement pour une différence de marche suffisante. La nature du courant, continu, alternatif ou décharge d'une bobine est sans influence. Son intensité agit sur le dédoublement des raies peu sensibles, qui s'accroît pour des courants croissants, tandis que les raies fortement renversées paraissent avoir atteint une séparation limite, pour un courant de quelques milliampères.

D'une façon générale, les deux composantes ne sont pas identiques, celle de plus petite longueur d'onde est plus large que l'autre. Aucune d'elles ne présente de trace de polarisation.

La raie du néon qui est la plus sensible à ce renversement est la raie 6402. L'écart des composantes atteint 0,060 Å., avec un courant de 3 milliampères. Elle manifeste même un faible renversement par le travers, pour un tube à densité de courant un peu forte, mais n'en présente plus avec une densité faible.

Si l'on se reporte à la classification du spectre du néon donnée pas Paschen, on constate que toutes les raies présentant le renversement spontané appartiennent aux séries principales, et en forment les premiers termes. On sait que c'est bien là un caractère des raies de ces séries. Au contraire, celles des raies du néon qui appartiennent à des séries diffuses ne se renversent pas.

On trouve encore une preuve que ces apparences de dédoublement sont bien dues à l'absorption produite par l'épaisseur de gaz traversé, dans la comparaison de l'éclat des diverses raies suivant qu'on prend la lumière en bout ou en travers. Les raies qui ne se renversent pas ou se renversent peu augmentent beaucoup d'éclat quand on les prend en bout; au contraire, celles qui se renversent facilement n'ont qu'un faible accroissement. Le classement des raies suivant l'un ou l'autre de ces deux caractères est exactement le même.

Une conséquence de ce renversement spontané est que les raies du néon peuvent difficilement constituer des étalons de longueurs d'onde comme cela a été proposé.

ACOUSTIQUE. — *Montage rationnel des instruments à corde.* Note de M. **André Broca**, présentée par M. J.-L. Breton.

Dans un instrument à corde, le son est transmis à la caisse de résonance par les deux pieds du chevalet, et par l'appui que le tire-cordes prend sur le sillet du bas.

On ne peut prendre appui sur un corps vibrant que par un point d'une ligne nodale, nous devons donc penser que les pieds du chevalet, les deux points d'appui de l'âme et l'attache du tire-cordes sont des points de ligne nodale de la table d'harmonie. On peut vérifier le fait en saupoudrant la table d'harmonie d'un violon de poudre de liège, et faisant vibrer. La forme voûtée empêche d'avoir des résultats tout à fait nets pour toutes les notes, mais au début de la vibration, on voit la ligne nodale se dessiner ainsi.

L'appui punctiforme des éléments d'appui solides, intermédiaires entre les cordes et la table serait donc tout à fait utile au point de vue du son, car une ligne nodale est en général constituée par l'interférence de deux ondes qui s'annulent. Mais si elles s'annulent sur la ligne nodale, elles se composent à petite distance de celle-ci pour donner des vibrations croissantes jusqu'aux ventres. Donc si, aux environs d'un point d'annulation, la vibra-

tion est très petite, elle existe cependant, et si on la bride par un appui intempestif, on gêne la formation du son dans le corps sonore.

On vérifie très aisément ces principes avec des verges vibrantes ou des tubes vibrant comme des verges.

Il est probable qu'une grande partie de l'art des grands luthiers a consisté à trouver empiriquement la forme de table permettant d'avoir autour des pieds du chevalet une série d'ondes complexes donnant une loi de variation de l'amplitude autour de la ligne nodale assez lente pour qu'on puisse prendre l'appui du chevalet et celui de l'âme qui est voisine, sur une surface finie.

C'est d'ailleurs pour brider le moins possible la vibration de la table que les chevalets ont des pieds amincis vers leurs bords.

Mais on peut arriver à de beaucoup meilleurs résultats en constituant rationnellement les pieds du chevalet.

Pour cela, le pied est taillé en surface bombée ou pyramidale, ou encore munie d'un petit clou à tête ronde. On colle autour de ce pied une lame de liège percée d'un trou pour la tête du clou et l'on colle sur la face extérieure une petite lame de ressort sur laquelle la tête du clou prend appui. Si l'on monte un chevalet ainsi construit, on a les meilleurs résultats, la lame de ressort empêchant la pointe d'entrer dans la table et sa grande flexibilité ne gênant pas les petites vibrations autour de la ligne nodale.

Mais la lame de ressort blesserait le vernis de la table d'harmonie, il faut donc, au point de vue de la conservation de l'instrument, coller par-dessus une mince lame d'érable, qui jouera encore le rôle de matelas élastique et ménagera la table autant qu'un pied ordinaire de chevalet.

De même l'âme, au lieu d'être taillée à grand'peine en sifflet pour s'adapter bien exactement à la table et au fond, sera taillée en surface bombée à ses deux extrémités, et celles-ci seront engagées dans des bouchons de liège convenablement creusés et collés sur le bois de l'âme. Les âmes ainsi constituées sont peut-être un peu plus difficiles à placer que les âmes ordinaires, mais c'est une difficulté très relative puisque, tout en n'étant pas luthier, j'ai pu faire moi-même cette opération. D'ailleurs, si l'introduction est un peu délicate, le réglage, c'est-à-dire la partie vraiment artistique du montage, est infiniment plus aisée, le seul desideratum étant une longueur telle que l'écrasement du bouchon soit convenable. D'ailleurs si les âmes beaucoup trop serrées ou beaucoup trop lâches sont mauvaises, il y a une tolérance très grande, beaucoup plus grande qu'avec l'ancien montage.

Le tire-cordes prend, dans les montages actuels, un appui en deux points sur le sillet du bas. On peut aisément, au moyen d'un lien en 8, obtenir un appui punctiforme, qui améliore beaucoup le son.

Enfin, pour répartir tout à fait uniformément la pression des pieds du chevalet sur la table, malgré les petites irrégularités du bois et la différence de dureté des fibres du sapin, il est très utile d'interposer quelques épaisseurs de peau de chamois.

L'emploi de la peau de chamois introduit encore une amélioration, l'amortissement des vibrations transversales des chevalets d'où résulte une remarquable simplification du son et une grande facilité d'attaque, la période troublée du début de la synchronisation étant rendue beaucoup moins importante.

Il faut également coller tous les éléments avec de la colle de gomme en très petite quantité, ce qui, loin de nuire à la table d'harmonie, est pour elle une cause de conservation, la peau protégeant le vernis contre le chevalet, tout en le laissant absolument intact, comme on peut le voir en décollant la peau, même sans grande précaution.

Ce collage est d'ailleurs absolument indispensable vu l'intensité extraordinaire de son ainsi obtenue, qui, sans cela, cause des déplacements rapides du chevalet et de l'âme. Il faut également maintenir le haut du chevalet soit par un lien adapté au bout de la touche et au tire-cordes, soit par un agrafage à l'une des cordes.

Avec ces précautions, les instruments gagnent notablement en qualité, en puissance et en facilité de jeu, comme la pratique l'a vérifié.

Les essais ont été faits, avec l'aide très compétente de M. Blondelet, sur cinq violoncelles et deux violons, qui ont gardé entre eux les mêmes rapports de qualité qu'avant la transformation, mais sont tous devenus des instruments de qualité exceptionnelle par rapport à ceux qui sont munis de l'ancien montage.

RADIOACTIVITÉ. — *Radioactivité des sources de quelques stations des Alpes (Aix-les-Bains, Challes-les-Eaux), des Pyrénées (Bagnères-de-Bigorre), et des Cévennes (Lamalou-les-Bains, Balaruc-les-Bains, Les Fumades), et des gaz naturels de Vergèze (Gard), de Hérépian et de Gabian (Hérault).* Note [1] de M. ROBERT CASTAGNÉ, présentée par M. Charles Moureu.

La recherche du *radon* et son dosage ont été effectués dans les *gaz spontanés* et dans les *eaux* des sources des stations suivantes : Aix-les-Bains (altitude 240^m, 2 sources, 27-30 septembre 1923); Challes-les-Eaux (altitude 280^m, 1 source, 12 septembre 1924), situées dans les Alpes; Bagnères-de-Bigorre (altitude 550^m, 14 sources, 17-27 juillet 1924), dans les Pyrénées; Lamalou-les-Bains (altitude 200^m, 10 sources, 19-25 novembre 1924); Balaruc-les-Bains (sur l'étang de Thau, 1 source, 3 juillet, 18 et 30 octobre 1924); Les Fumades (altitude 150^m, 1 source, 4 septembre 1924) dans les Cévennes et le Languedoc méditerranéen, ainsi que dans les gaz naturels de la source Perrier à Vergèze (Gard), d'Hérépian (Hérault), et du puits de pétrole de Gabian (Hérault).

Les expériences ont eu lieu sur place à Aix-les-Bains, Challes, Bagnères-de-Bigorre, Lamalou, Hérépian. Nous avons examiné les eaux ou gaz de Balaruc, des Fumades, de Vergéze, et de Gabian, à Montpellier, profitant de la possibilité de leur transport rapide au laboratoire.

Nous avons utilisé l'appareil de Chéneveau et Laborde pour nos mesures, pratiquées selon le mode opératoire utilisé par Ch. Moureu et A. Lepape [2]. Les données expérimentales brutes ont subi les corrections dues à la pression et à la composition du mélange gazeux indiquées par A. Lepape [3].

Les résultats de nos mesures, rassemblés ci-après, expriment, en millimicrocuries, la quantité de radon présente dans 1 litre normal de gaz spontanés (gaz secs, à 0° et 760^{mm}) ou dans 1 litre d'eau, à l'émergence.

Nous indiquons aussi, pour les sources à débit notable et bien connu, la *puissance radioactive* (A. Brochet), c'est-à-dire la masse de radium, en milligrammes, qui engendre, pendant un temps donné, la même quantité de radon que celle apportée par la source pendant ce temps.

---

(1) Séance du 9 février 1925.

(2) CH. MOUREU et A. LEPAPE, *Annales des Mines*, t. 15, mai 1909, p. 465. — A. LEPAPE, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 731.

(3) A. LEPAPE, *Comptes rendus*, t. 176, 1922, p. 1631.

Stations et sources.	T°.	Radon, en millimicrocuries par litre, à l'émergence. Gaz.	Eau.	Puissance radioactive (en mg Ra). Eau.
Sources thermales des Alpes.				
Aix-les-Bains :				
S. d'Alun	44,5	"	5,50	73,86
S. de Soufre	41,5	"	5,63	48,64
Challes-les-Eaux :				
S. sulfureuse	10,5	"	traces	"
Sources thermales des Pyrénées.				
Bagnères-de-Bigorre (1) :				
S. la Reine	46,2	"	3,57	4,69
S. le Dauphin	48,6	"	3,6	2,88
S. la Rampe	34,45	"	2,88	0,12
S. Saint-Barthélémy	49	"	1,54	"
S. Salies	50,8	"	3,12	4,24
S. Platane I	34	"	6,6	"
S. Platane II	28,3	"	11,1	"
S. Marie-Thérèse	30,8	"	9,2	0,87
S. le Foulon	35	"	18,7	2,90
S. de Salut Intérieur	31,8	"	8,3	7,8
» Pompe	31,4	"	8,5	3,4
» Montagne	32,6	"	6,9	5,19
Sources thermales des Cévennes.				
Lamalou-les-Bains :				
S. Usclade	52,6	0,66	0,25	"
S. Puits n° 2	48	"	0,36	"
S. Stoline	29,2	"	0,34	"
S. Ancienne	31,7	"	0,36	"

(1) Nous avons également effectué la mesure de la teneur en radon des eaux des sources Saint-Roch et la Tour; mais le prélèvement, pour la première des deux sources, ayant été effectué après ruissellement de l'eau sur 1m,50 environ de paroi rocheuse verticale et la mesure du courant maximum d'ionisation ayant été, pour la seconde, interrompue par un incident, les chiffres suivants ne constituent à nos yeux que l'indication d'un ordre de grandeur :

S. Saint-Roch	48,6	"	1,6	"
S. La Tour	48,4	"	2,7	4,5

Stations et sources.	T°.	Radon, en millimicrocuries par litre, à l'émergence. Gaz.	Eau.	Puissance radioactive (en mg Ra). Eau.
S. Puits n° 22	21	1,84	0,35	"
S. Bourges	24,9	1,01	0,42	"
S. Capus	22	"	0,73	"
S. Nouvelle ou Orezza	22,6	1,35	0,37	"
Puits artésien de Lamalou-le-Haut	27,4	1,78	0,56	"
S. la Vernière	15,1	"	1,85	"
Balaruc-les-Bains :				
S. Ancienne	46.5	0,93	0,30	0,05
Les Fumades :				
S. Zoé	12	"	0,26 [1]	"
Dégagements gazeux.				
Hérépian (Hérault)	"	2,13	"	"
Vergèze (Gard), S. Perrier	"	1,25	"	"
Gabian (Hérault) : Puits de pétrole (sondage État)	"	traces	"	"

Les chiffres ci-dessus font particulièrement ressortir :

1° La puissance radioactive élevée des eaux de grand débit d'Aix-les-Bains, atteignant pour la source d'Alun une valeur supérieure à toutes les valeurs jusqu'ici calculées pour les sources françaises.

2° La radioactivité importante d'eaux pyrénéennes (Bagnères-de-Bigorre).

3° La faible activité de sources cévenoles et du littoral méditerranéen.

4° La présence de traces de radon dans les gaz du puits de pétrole de Gabian.

---

(1) Valeur voisine de celle trouvée en 1911 par A. Lepape : 0,33 (*Ann. Inst. Hydr. et Clim.*, t. 2, 1924, p. 44).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mécanisme de l'adsorption des ions.* Note de M. **René Audubert** et de M[lle] **Marguerite Quintin**, présentée par M. Jean Perrin.

Les phénomènes d'adsorption, sur lesquels reposent tant d'explications physico-chimiques, ne peuvent être précisés que dans deux cas seulement : lorsqu'il s'agit d'actions capillaires (Gibbs, J. Perrin) et lorsque des ions sont fixés par une paroi.

L'adsorption ionique joue un rôle essentiel dans un très grand nombre de phénomènes : équilibre des suspensions, cataphorèse, osmose électrique, propriétés des colloïdes et, peut-être aussi, catalyse. Les règles de l'électrisation de contact, formulées par M. Jean Perrin, permettent de prévoir, dans la plupart des cas, le signe d'une paroi au contact d'un liquide et le sens de l'influence exercée par l'addition d'électrolytes; mais, elles sont purement qualitatives. Il était intéressant d'établir théoriquement, entre la quantité d'ions fixés par une paroi électrisée et la concentration de ces mêmes ions dans le liquide extérieur, une relation vérifiée par l'expérience. Dans des travaux antérieurs l'un de nous (¹) a montré que la formule empirique de Freundlich pouvait être appliquée à la fixation de différents ions (K^+, Na^+, Ca^{++}, Ba^{++}, Mg^{++}, Al^{+++}, La^{+++}, H^+) par des grains de mastic et de gomme-gutte, et à la fixation d'ions Ag par la gélatine. Dans tous ces cas, la relation obtenue à partir des données expérimentales est de la forme $x = BC^p$, où x est la quantité fixée par unité de surface, C la concentration en équilibre, B un coefficient dépendant de la valence de l'ion et, pour une part moins importante, de la nature de la surface.

L'exposant p est égal à $\frac{1}{2}$ quels que soient l'absorbant et l'absorbé; ce fait tout à fait remarquable nous a conduit à penser que les facteurs d'action du phénomène devaient être indépendants de la paroi. On peut alors supposer l'équilibre d'adsorption d'ions comme conditionné essentiellement par les forces électrostatiques, et par les forces osmotiques. Dans cette hypothèse, considérons une surface quelconque dont la densité de charge électrique, négative par exemple, est s_0; autour d'elle se trouve une atmosphère ionique positive constituant le feuillet de la couche double, plus ou moins hypothétique, à laquelle on peut toujours assimiler la répar-

(¹) Audubert, *Ann. de Phys.*, t. 18, 1922, p. 5, et *Comptes rendus*, t. 176, 1922, p. 838.

tition ionique créant la différence de potentiel entre la paroi et le liquide. Si l'on introduit dans celui-ci un électrolyte, les cations pénètrent par diffusion dans la couche double et, soumis au champ électrique, se fixent à la surface jusqu'au moment où leur pression P dans la portion adsorbée équilibre leur pression osmotique p dans le liquide et l'attraction électrostatique. Dans ces conditions, la différence de potentiel V correspondant à l'équilibre est représentée par $V = \frac{RT}{F\nu} L \frac{P}{p}$, R, T, F ayant les significations habituelles, ν désignant la valence de l'ion. En supposant la solution suffisamment diluée, ce qui est vrai dans la plupart des cas, $p = cRT$.

Mais on ne peut appliquer la même relation à la couche adsorbée qui doit, au contraire, être regardée comme une phase condensée; il serait plus logique d'utiliser la forme de Van der Waals :

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = \text{const.};$$

dans le cas des ions, le terme $\frac{a}{v^2}$ doit être considéré comme négatif : les répulsions électrostatiques masquant totalement l'attraction moléculaire. En première approximation, on peut même admettre que ce terme répulsif est prépondérant; si l'on désigne alors par σ la densité des charges ioniques fixées, P est de la forme $k\sigma^2$. L'équation d'adsorption devient donc :

$$V = \frac{RT}{F\nu} L \frac{k\sigma^2}{cRT};$$

en remplaçant V par $\frac{1}{K} 4\pi(s_0 - \sigma)d$ où K est le pouvoir diélectrique de la solution et d l'épaisseur de la couche double, et en négligeant σ devant s_0, on obtient :

$$\sigma = \alpha\,(e^{\beta s_0})^{\nu} C^{\frac{1}{2}};$$

α et β étant des constantes.

Nous avons effectué de nouvelles mesures d'adsorption d'ions dans le dessein de vérifier cette théorie. Les expériences ont été, comme les précédentes, faites avec des suspensions de mastic, de gomme-gutte et avec de la gélatine. Pour les premiers adsorbants nous avons déterminé la variation de charge par la mesure microscopique de la mobilité, en tenant compte de la correction due au déplacement du liquide ; pour la gélatine nous avons utilisé la méthode des piles de concentration. Dans le premier cas, en appelant U_0 la mobilité avant addition d'électrolyte et U celle correspon-

dant à une concentration C de ce dernier, on obtient :

$$U_0 - U = s_0 - s = \sigma = BC^{\frac{1}{2}}.$$

On vérifie grossièrement, si l'on appelle B_1, B_2, B_3 les valeurs respectives du coefficient B pour les ions monovalents, bivalents, trivalents que $B_2 = B_1^2$, $B_3 = B_1^3$, c'est-à-dire $B = A^v$, ce qui est conforme au résultat théorique.

En ce qui concerne l'adsorption des différents ions par la gélatine, nous n'avons pu obtenir jusqu'ici de résultats suffisamment précis que pour l'argent; vis-à-vis de celui-ci la gélatine vérifie la formule établie plus haut.

D'autre part, nous avons trouvé dans la littérature un certain nombre de résultats expérimentaux vérifiant la théorie que nous proposons : d'abord dans le Mémoire de M. Jean Perrin (1) sur l'osmose électrique, puis dans différentes publications de J. Loeb (2) sur les combinaisons de la gélatine avec les acides, enfin dans un travail récent de M. Fromageot (3) sur la fixation des différents acides par le charbon.

En résumé, le mécanisme exposé dans cette Note semble confirmé par un très grand nombre d'observations, aussi est-il légitime d'admettre qu'il fournit de la réalité une image convenable. Par conséquent, en raison des facteurs dont il suppose l'action prépondérante, chaque fois que l'expérience vérifiera la formule théorique on pourra conclure à des actions chimiques nulles ou négligeables entre l'adsorbant et l'adsorbé.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage rapide de l'acide sulfurique dans les eaux.* Note (4) de M. F. **Wandenbulcke**, présentée par M. A. Haller.

MM. K. Yellinek et J. Czerwinske (5) signalent un dosage volumétrique de SO^3 avec le rouge de méthyle comme indicateur. Ce dosage est basé sur la propriété que possède le chromate de potassium de précipiter le chlorure de baryum à l'état de CrO^4Ba insoluble et la précipitation achevée de subir une hydrolyse en donnant une réaction basique avec le rouge de méthyle qui vire au jaune.

---

(1) J. Perrin, *Journ. de Chim. Phys*, t. 2, 1904, p. 601.

(2) J. Loeb, *Journ. Gen. Phys.*, t. 1, 1918-1919, p. 559, et t. 3, 1920-1921, p. 85.

(3) Fromageot, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1404.

(4) Séance du 9 février 1925.

(5) *Zeits. anorg. Ch.*, t. 130, 1923, p. 253-262, et *Bulletin de la Société chimique*, t. 36, 1924, p. 1253.

Nous avons pensé que cette réaction pouvait, avec quelques modifications, servir au dosage rapide de SO^3 dans les eaux.

La méthode ci-dessus ne peut s'appliquer car le bicarbonate de calcium en dissolution dans l'eau donne tout de suite avec le rouge de méthyle le virage jaune et, de plus, est précipité, conjointement avec le sulfate de calcium par le chlorure de baryum; il faut donc le détruire.

Dans un essai préalable sur 250$^{cm^3}$ d'eau, avec le méthylorange comme indicateur, on verse $ClH\ \frac{N}{10}$ goutte à goutte jusqu'à virage. Il suffit d'ajouter ensuite une ou deux gouttes de $ClH\ \frac{N}{10}$ pour amener l'eau à un P_H de 4,5 que l'on contrôle au moyen de la gamme au bromophénol bleu.

Dans une autre prise de 2500$^{cm^3}$, on introduit la quantité de $ClH\ \frac{N}{10}$ nécessaire pour amener l'eau au P_H précédent et 10$^{cm^3}$ de Cl^2Ba à 2 pour 100. On fait bouillir 5 minutes pour chasser l'acide carbonique; dans le liquide refroidi, on ajoute 1$^{cm^3}$ de rouge de méthyle à 0,01 pour 100 et l'on verse goutte à goutte une solution de CrO^4K^2 à 7 pour 1000 jusqu'à virage jaune.

Le virage est un peu lent avec les premières gouttes, puis s'accélère et a l'avantage de pouvoir se faire à la lumière artificielle.

On a titré au préalable, dans les mêmes conditions, avec une solution de sulfate de titre connu, le chlorure de Ba et le chromate de K.

Il faut avoir soin d'opérer avec la même quantité et la même concentration d'indicateur pour avoir des résultats comparables.

La différence des lectures à la burette, multipliée par le titre de la solution de chromate, en SO^3, donnera le chiffre de SO^3 dans la prise d'essai.

On peut opérer aussi un peu plus simplement, sans avoir à faire le P_H, en opérant de la façon suivante :

On verse un léger excès de $ClH\ \frac{N}{10}$ de façon à rendre l'eau nettement acide au méthylorange ou au rouge de méthyle. On introduit les 10$^{cm^3}$ de Cl^2Ba et l'on fait bouillir 5 minutes pour chasser CO^2, comme précédemment.

Dans le liquide refroidi, on ajoute 1$^{cm^3}$ de la solution de rouge de méthyle à 0,01 pour 100; la solution prend une teinte rouge très nette. On revient ensuite au virage du rouge de méthyle en versant goutte à goutte de la soude $\frac{N}{10}$ décarbonatée jusqu'à virage rose pâle. Comme il n'y a plus de CO^2 dans la liqueur, le virage est net à une goutte surtout en prenant comme

témoin une solution d'eau distillée ne contenant que les 10^{cm^3} de Cl^2Ba et 1^{cm^3} de rouge de méthyle.

En opérant dans les conditions indiquées, nous avons trouvé des chiffres suffisamment exacts par cette méthode qui a l'avantage d'être très rapide.

Voici quelques résultats pour des doses très différentes de SO^3 dans les eaux :

Pondéralement.		Volumétriquement.	
4,8 mg SO^3	pour 100	4,2 mg SO^3	pour 100
7,6	»	5,2	»
14,0	»	13,1	»
14,8	»	16,0	»
171	»	165	»
206	»	210	»

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation du zinc et du nickel par l'hydrogène sulfuré.* Note de M. A. **Kling** et de M. et Mme A. **Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

Les traités d'analyse chimique indiquent généralement qu'il est possible de séparer le nickel du zinc, au moyen de l'hydrogène sulfuré, en se basant sur le fait que le sulfure de zinc précipite d'une solution un peu acide, alors que le sulfure de nickel ne prend pas naissance dans ces conditions, tout au moins sous la forme insoluble. Pour réaliser cette séparation, on opère en milieu acétique, sans d'ailleurs indiquer nettement l'acidité convenable. L'imprécision du mode opératoire ne permet pas d'obtenir des résultats exacts et constants par cette méthode, qui a dû être modifiée spécialement par l'addition de sels à la liqueur à précipiter. On a employé le sulfocyanure d'ammonium [1] et aussi d'autres sels : SO^4Am^2, NH^4Cl, etc. [2]. Ces substances auraient pour effet de favoriser la floculation du sulfure de zinc. Nous avons repris l'étude de cette séparation, parce que les indications des auteurs ne nous ont pas permis d'obtenir un résultat correct et parce qu'ils ne se sont pas suffisamment inquiétés, à notre avis, de la réaction du milieu, qui dans un tel cas doit jouer un rôle essentiel.

Nous avons recherché séparément les conditions de la précipitation du sulfure de zinc et du sulfure de nickel, spécialement en fonction de l'acidité

(1) Zimmermann, *Ann. Ch. Ph.*, t. 199, 1879, p. 3, et t. 204, 1880, p. 226.

(2) Treadwell, *Analyse quantitative*, p. 147.

du milieu; il a donc été nécessaire de terminer l'exposant d'hydrogène de solutions riches en hydrogène sulfuré. On sait que ce gaz amène une perturbation dans le fonctionnement de l'électrode d'hydrogène, en fait les valeurs obtenues n'ont plus aucune signification. Il en est de même pour l'électrode à la quinhydrone et aussi pour les indicateurs colorés, dont les teintes sont profondément modifiées par l'hydrogène sulfuré. Nous avons dû éliminer ce gaz, soit par ébullition, soit par barbotage d'air, et nous avons vérifié que ce traitement ne modifie pas le P_H de nos solutions, abstraction faite de l'hydrogène sulfuré, dont l'influence doit être, d'ailleurs, assez faible, sur des solutions relativement très acides.

Précipitation du sulfure de nickel. — Dans une première série d'expériences, les solutions renfermaient exclusivement du nickel et de l'acide chlorhydrique. L'hydrogène sulfuré a passé dans la liqueur durant 45 minutes, la température étant de 60°. Pour qu'une précipitation de sulfure de nickel se produise, il faut que la solution présente un P_H minimum de 2,80. La précipitation n'est quantitative qu'au voisinage de la neutralité. Nous avons reconnu qu'une durée de précipitation de 45 minutes ne correspondait pas à un état d'équilibre définitif et que pour atteindre celui-ci il convenait de prolonger l'expérience durant 3 heures. Dans de telles conditions, il faut que le P_H de la solution soit au maximum de 2 pour qu'il ne se produise aucun précipité de sulfure de nickel. D'autres expériences ont été faites, en ajoutant au liquide du sulfate d'ammoniaque; il n'en est résulté aucune variation dans l'allure de la précipitation.

Précipitation du sulfure de zinc. — Les essais ont été conduits de la même façon que pour le nickel. La précipitation a été poursuivie pendant 45 minutes. Il a été trouvé qu'en l'absence de sels, le sulfure de zinc précipite quantitativement quand le P_H de la solution est au moins de 3,2. Pour $P_H = 1,2$ on n'observe aucune précipitation. En présence de sulfate d'ammoniaque : 10^g par litre, la précipitation commençante se produit vers $P_H = 1$. Pour $P_H = 1,2$ elle est importante et quantitative à partir de 2,4. Ainsi la présence de sulfate d'ammoniaque rend la précipitation possible en milieu plus acide qu'en solution saline.

Le nickel précipite à partir de $P_H = 2,8$ quand on ne prolonge pas l'expérience au delà de 45 minutes et il faut atteindre $P_H = 2,4$ pour précipiter tout le zinc dans les mêmes conditions, c'est dire qu'il n'est pas possible d'effectuer la séparation, tout au moins dans un temps court. Si l'on poursuit l'opération pendant 1 heure et qu'on abandonne ensuite au repos 12 heures, il devient possible de précipiter tout le zinc d'une liqueur de P_H minimum $= 1,35$. Nous disposons alors de la marge comprise entre $P_H = 1,35$ et $P_H = 2$ pour précipiter quantitativement le zinc, à l'exclusion du nickel. La liberté est assez faible et l'opération se présente comme difficile. Nous n'avons pu la mener à bien et devons considérer que la séparation ne peut se faire avec sûreté; tout au moins dans ces conditions. Il resterait à voir si, en modifiant profondément le milieu par l'addition de grandes quantités de sels et en agissant sur la température, il n'est pas possible d'obtenir des résultats plus favorables.

Nous ferons remarquer en terminant que nos essais ont été faits en mettant à profit l'acidité du milieu et la durée de précipitation. D'autres auteurs (¹) ont résolu le problème en opérant en présence soit d'acide citrique, soit d'acide tartrique, qui forment des combinaisons complexes avec le nickel et facilitent sa séparation d'avec le zinc.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *L'alloxantine réactif, d'application très générale, du ferricum.* Note (²) de M. **Georges Denigès**, présentée par M. Charles Moureu.

Depuis le Mémoire célèbre de Liebig et Wöhler sur les dérivés de l'acide urique et les travaux ultérieurs de Müller, on sait que l'alloxane et l'alloxantine donnent, la première avec les sels ferreux, la seconde avec les sels ferriques et en milieu ammoniacal, un dérivé de coloration bleue dont la formation a été proposée, par les auteurs cités, pour déceler ces deux uréides.

Dans un travail déjà ancien (³), j'ai montré que cette réaction, assez peu sensible lorsqu'on l'applique à l'alloxane, pouvait, en l'intervertissant et en prenant ce dernier corps comme réactif, servir à la diagnose de très faibles quantités de sels ferreux et aussi de quelques autres métaux du même groupe.

Reprenant cette question, j'ai constaté que, mieux encore que l'alloxane pour le ferrosum, l'alloxantine, dans certaines conditions d'emploi et en milieu sodique ou potassique et non ammoniacal, pouvait constituer un réactif spécifique et d'une extrême sensibilité du ferricum même engagé dans des complexes (combinaisons citriques, tartriques, etc.), où ses meilleurs réactifs (ions sulfocyanique, ferrocyanhydrique, salicylique) sont impuissants à le mettre en évidence.

Réactif. — On le prépare extemporanément — car il n'est pas d'une longue conservation — en agitant dans un tube jusqu'à dissolution (ce qui est très rapide) $0^g,10$ d alloxantine dans 10^{cm^3} de soude normale ou de titre voisin. Si le liquide résultant est coloré en rose, ce qui peut arriver lorsque l'alloxantine est ancienne et légèrement colorée en surface, on le porte à l'ébullition jusqu'à disparition de la teinte

(¹) H.-A. Fales et G.-M. Ware, *J. Amer. Chem. Soc.*, t. 41, 1919, p. 487, et Ludwig, *Zeit. anorg. allgem. Chem.*, t. 122, 1922, p. 239.

(²) Séance du 9 février 1925.

(³) *Bull. de la Soc. de Pharm. de Bordeaux*, 41ᵉ année, 1901, p. 161.

parasite — résultat obtenu en quelques instants — et on le fait rapidement refroidir.

Opération. — On met, dans un tube à essai, un certain volume de la solution ferrique à examiner, on lui ajoute moitié moins de réactif et l'on mélange.

Il se développe aussitôt une coloration bleue déjà très marquée avec $0^{g},01$ de ferricum par litre, et encore nette avec une quantité 10 fois moindre, même en se contentant d'opérer sur 2^{cm^3} de solution ferrugineuse et 1^{cm^3} de réactif.

En quintuplant les volumes (10 et 5^{cm^3}) et appréciant, par comparaison avec de l'eau distillée ou encore avec la solution ferrugineuse primitive simplement additionnée de la moitié de son volume d'eau, la teinte obtenue examinée dans l'axe du tube, on peut facilement abaisser la limite de sensibilité à quelques dixièmes de milligramme de ferricum par litre.

Cette réaction cyanique, qui ne le cède en rien, en sensibilité, à celle de l'ion sulfocyanique même exaltée par l'emploi de l'éther et qui l'emporte cinq à six fois, à cet égard, sur celle que donne l'ion ferrocyanhydrique, est applicable vis-à-vis des acides-alcools, dont la présence est, au contraire, incompatible avec l'usage des autres réactifs du ferricum. L'expérience suivante le démontre nettement.

A une solution de chlorure ferrique à 1 ou 2^{cg} de ferricum par litre, on ajoute le quart ou le cinquième de son volume d'une solution saturée à froid d'acide salicylique dans l'eau. On constate que la coloration violette, ainsi obtenue, passe au rouge sous l'action d'ion sulfocyanique, mais que cette dernière teinte est, elle-même, transformée par addition d'une très petite quantité d'ion citrique et passe au jaune. Cependant si, finalement, on ajoute au liquide la moitié de son volume de réactif alloxantique, le mélange se colore en bleu comme si ce réactif eût directement agi sur la solution ferrique initiale.

C'est ainsi, encore, qne des traces de citrate ou de tartrate ferrico-potassique (sels dans lesquels le fer est indécelable à ses réactifs habituels), projetées dans le même réactif, le colorent aussitôt en bleu.

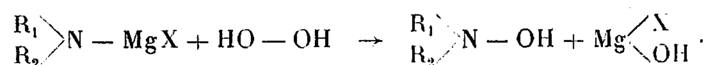
Il est même remarquable que la présence des ions tartrique et citrique, empêchante pour les réactions salicylique, sulfocyanique et même ferrocyanhydrique, soit plutôt favorable et stabilisante pour la réaction alloxantique.

Grâce à cette propriété et à la facilité avec laquelle le ferricum est solubilisé en milieu alcalin, par les acides-alcools, l'alloxantine se prête à un dosage colorimétrique facile du fer, notamment à l'état de traces, dans les cas où les autres méthodes seraient en défaut.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'eau oxygénée sur les magnésyl-arylamines.* Note (¹) de MM. **J.-F. Durand** et **R. Naves**, transmise par M. Paul Sabatier.

On sait qu'Oddo (²) a pu faire réagir l'eau oxygénée sur les dérivés organomagnésiens de Grignard pour obtenir les alcools. Il a fait usage de « perhydrol » de Merck contenant en poids 30 pour 100 de H^2O^2. Le rendement de cette opération est faible, une grande partie du magnésien étant employée à l'anhydrisation préalable du perhydrol.

Nous avons pensé qu'il serait possible, par analogie, d'obtenir par l'action de l'eau oxygénée sur les magnésyl-amines, les β-hydroxylamines, d'après l'équation suivante, où X représente un halogène, R_1 et R_2 des radicaux hydrocarbonés ou des atomes d'hydrogène :



$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>N-MgX+HO-OH \rightarrow \begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>N-OH+Mg\!\!<\begin{matrix}X\\OH\end{matrix}.$$

Dans le but d'augmenter les rendements, par rapport au dérivé magnésien, nous avons employé une *solution éthérée anhydre de* H^2O^2. Nous avons préparé cette solution en agitant, à plusieurs reprises, de l'eau oxygénée du commerce à 12 volumes, avec de l'éther préalablement débarrassé par plusieurs lavages à l'eau distillée, de l'alcool qu'il renferme comme impureté. L'extrait éthéré est séché avec soin sur Na^2SO^4 anhydre.

Dans l'expérience préliminaire qui fait l'objet de cette Note, nous avons visé seulement l'obtention de la β-phénylhydroxylamine $C^6H^5-NH-OH$.

A une solution éthérée de $C^6H^5.NH.MgBr$, préparée à partir de 3g de magnésium, on ajoute, à la température de $-25°$, la solution éthérée de H^2O^2, tant qu'il se forme des grumeaux blancs venant surnager l'éther. On observe une coloration vert émeraude, probablement due à du nitrosobenzène. Elle disparaît d'ailleurs au réchauffement. On laisse reposer quelques heures, puis on ajoute de l'eau.

La partie éthérée, décantée, est traitée par une solution aqueuse, au dixième, de H^2SO^4. Il précipite du sulfate de phénylhydroxylamine. L'eau mère est neutralisée par l'ammoniaque et soumise à une concentration, au cours de laquelle il se dépose de nouveaux cristaux.

(¹) Séance du 2 février 1925.

(²) Oddo, *Gazz. chim. ital.*, t. 51, 1921, p. 255.

La phénylhydroxylamine est mise en liberté par la baryte, dissoute et cristallisée dans le benzène; on ajoute à ce solvant, pour précipiter les dernières portions, de l'éther de pétrole, dans lequel la phénylhydroxylamine est presque insoluble.

On obtient ainsi des aiguilles brillantes, fondant à 81-82° : c'est le point de fusion indiqué par les auteurs. L'identification de la base a été complétée par les réactions suivantes :

Par l'isocyanate de phényle, elle a donné une oxyurée fondant à 126° (corr.). Beckmann et Schönermarck indiquent 125° pour ce produit.

La potasse alcoolique la transforme en azobenzène.

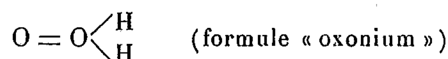
Elle réduit $FeCl^3$, la liqueur de Fehling et le nitrate d'argent ammoniacal.

Le rendement en β-phénylhydroxylamine, par rapport au dérivé magnésien employé, atteint 80 pour 100. Il est clair que ce résultat s'interprète plus facilement en admettant pour l'eau oxygénée la constitution



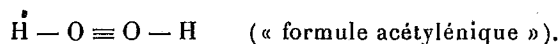
HO — OH (« diol »),

qu'avec les formules



$O = O\langle^{H}_{H}$ (formule « oxonium »)

et



H — O ≡ O — H (« formule acétylénique »).

Dans l'une des expériences, au lieu de l'hydroxylamine attendue, il s'est fait du para-aminophénol, fondant à 184°. Nous étudierons ultérieurement dans quelles conditions a pu se produire cette transposition.

Nous nous proposons de tenter l'application de la méthode à la préparation de l'hydroxylamine non substituée NH^2OH et d'essayer d'obtenir de la même manière : d'une part, les diarylhydroxylamines, dont une seule, à notre connaissance, la dipicrylhydroxylamine, a été obtenue avec certitude; d'autre part, les alkylarylhydroxylamines, parmi lesquelles les méthylène-*bis*-arylhydroxylamines ont pu être seules isolées (1).

(1) Hantszch (*D. Ch. G.*, t. 31, 1898, p. 179) a montré que l'on ne pouvait obtenir des dérivés hydroxylaminiques par oxydation des alkylanilines.

PÉTROGRAPHIE. — *Contribution à l'étude pétrographique des chailles : importance relative des spicules de spongiaires, des spicules d'alcyonnaires et des grains de quartz clastique.* Note de M. **Paul Jodot**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans son Cours du Collège de France (1924), où il expose ses recherches, toutes de nuances, sur les roches siliceuses, M. le professeur Cayeux définissait ainsi les caractères pétrographiques des chailles :

« Silex inachevé, renfermant du quartz clastique, de nombreux spicules globuleux en majorité calcifiés, une gangue de calcédoine à texture non cryptocristalline (comme dans les silex), quelquefois avec du quartz néogène et peut-être un peu de matière argileuse, enfin des témoins calcaires de la roche mère. Il signalait, accessoirement, la présence de spicules d'alcyonnaires, et le rôle peu considérable joué par les spicules du squelette des spongiaires. »

A la suite d'une étude pétrographique détaillée sur les chailles des divers niveaux stratigraphiques du Nivernais conduite d'après la méthode d'examen qu'il préconise, je suis amené à modifier cette définition sur quelques points, en attachant plus d'importance à certains de ces éléments et à leur rôle.

Il est certain que l'abondance des *spicules globuleux de spongiaires* a contribué pour une part importante à l'élaboration de ces roches. Leur présence est indispensable, et elle est caractéristique des chailles. Leur masse représente un pourcentage atteignant dans certains cas 20 pour 100.

Les *spicules du squelette des spongiaires*, loin d'être négligeables, se retrouvent dans toutes les préparations microscopiques. Ils appartiennent aux *Tetractinellidæ* et peut-être, mais rarement, aux *Lithistidæ* ?

Il en est de même des *spicules d'alcyonnaires* se distinguant des précédents par leur test fibreux, parfois orné de pointes ou de piquants noueux et ne présentant jamais le canal axial des spicules du squelette des spongiaires. Ces caractères spéciaux permettent de déceler leur présence dans toutes les préparations de chailles et de constater des pourcentages variant de 5 à 10 pour 100. Exceptionnellement dans les chailles des calcaires graveleux (Rauracien) d'Ouagne (vallée du Beuvron), la concentration de ces spicules atteint 15 à 30 pour 100 selon les points observés dans la préparation.

Si l'on groupe l'ensemble des spicules du squelette des spongiaires et des spicules d'alcyonnaires, on obtient pour ces *spicules allongés* des moyennes correspondant à 15 pour 100 de la masse dans le Callovien, s'élevant à 20 et 33 pour 100 dans la Z. à *Peltoceras transversarium*, et atteignant jusqu'à 45 pour 100 dans certaines parties

des chailles de cette zone, lors du maximum de concentration dans la préparation [1].

Le rôle des grains de *quartz clastique* (exception faite naturellement du quartz de néoformation) est très faible par rapport aux chiffres précédents. Les moyennes dans les chailles calloviennes varient autour de 3,5 ou de 5 pour 100, et, dans la Z. à *Pelt. transversarium* le quartz fait complètement défaut, mais on y trouve parfois de 1 à 3 grains de quartz détritique par préparation.

Suivant la nature de la roche mère, le *ciment* des chailles offre des aspects différents : 1° quand le calcaire encaissant était très pur, la silice de substitution dans la chaille est formée par de la calcédoine cristalline, avec sa variété, la quartzine très nettement caractérisée; il s'y ajoute parfois du quartz de néoformation ; 2° mais lorsque la boue calcaire de la roche mère était remplie d'impuretés, la silice du ciment de la chaille *tend à prendre une texture cryptocristalline* (jamais aussi nette que dans les silex) du fait de la présence de l'opale (en voile ou en globules suivant sa concentration) ou d'une pigmentation plus ou moins intense d'oxyde de fer.

En résumé, la valeur relative de certains organismes dans la constitution des chailles apparaît nettement à la lumière des proportions indiquées ci-dessus : 1° *les spicules globuleux de spongiaires et les spicules d'alcyonnaires sont des facteurs de première importance;* 2° *il est aisé de concevoir l'origine de la silice, en tenant compte de l'apport fourni par les spicules du squelette des spongiaires, en plus de celui des spicules globuleux ;* 3° *la présence des grains de quartz clastique n'est pas indispensable à la constitution de ces roches, puisqu'il manque dans les chailles argoviennes;* 4° *enfin la silice du ciment, suivant les cas, peut réaliser une texture à tendance cryptocristalline ou être nettement cristalline.*

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des couches de base des terrains sédimentaires du sud-ouest de Madagascar, entre l'Onilahy et le Mangoky.* Note de M. **Jean Piveteau**, présentée par M. H. Douvillé.

Les terrains sédimentaires de l'ouest de Madagascar forment, le long de leur contact avec le massif cristallophyllien qu'ils recouvrent, une dépression plus ou moins nette, désignée par M. Perrier de la Bathie sous le nom de vallée permo-triasique.

C'est une dépression subséquente périphérique, comme on en rencontre fréquemment sur le pourtour des massifs anciens.

L'âge des terrains dans lesquels cette dépression est creusée, diffère

---

[1] Je n'ai pas mentionné la composition minéralogique des organismes qui suit une évolution parallèle très semblable à celle du ciment de la chaille.

suivant les points envisagés : permien dans la région du Mont Eliva et de Benenitra, triasique au nord du Mangoky.

Entre Ampasindrasoa (nord de Benenitra) et le Mangoky, la base de la série sédimentaire est formée de grès psammites et de schistes argileux, à pendage général Ouest-Nord-Ouest, et en superposition normale sur les gneiss du plateau de l'Horombé.

Les seuls fossiles rencontrés dans cette formation sont des végétaux, étudiés par Zeiller, qui les a considérés comme triasiques, et des restes d'Amphibiens et de Reptiles.

Les fragments d'Amphibiens, en très petit nombre, sont représentés dans les collections de Paléontologie du Muséum par une mandibule, fort bien conservée, trouvée par le capitaine Colcanap dans la vallée du Menamaty, à 25^{km} au nord de Ranohira. Son étude va nous permettre de préciser l'âge des sédiments dans cette région.

Nous n'avons que la branche gauche, brisée d'ailleurs à sa partie antérieure. Elle possède tous les caractères généraux des Stégocéphales.

Sa face latérale est sculptée; les dents sont coniques, striées à la base, et implantées selon le mode pleurodonte. La partie conservée de la mandibule atteint une longueur de 27^{cm}; elle devait avoir une longueur totale de 32^{cm} environ.

L'angle postérieur de la mâchoire est formé par un os profondément sculpté, qui peut être appelé *angulaire*, par analogie avec l'os occupant la même position chez les Reptiles. Il se recourbe en dessous, et passe à la face interne de la mâchoire.

L'angulaire est surmonté par un os creusé d'une facette articulaire, destinée à recevoir le carré. Cet os correspond à l'*articulaire* des Reptiles. Entre l'articulaire et l'angulaire, les Reptiles ont un os très développé, le *surangulaire*, dont on ne trouve pas l'homologue dans notre forme de Madagascar. Cette absence paraît d'ailleurs générale chez les Amphibiens Stégocéphales, qui s'éloignent ainsi des Reptiles. L'apophyse postarticulaire, très développée chez certains Stégocéphales et chez les Crocodiliens, et qui donne attache aux abaisseurs de la mâchoire (muscle digastrique) est ici réduite à une simple protubérance.

En connexion avec l'articulaire et l'angulaire, et portant les dents, on a le *dentaire*, dont la partie antérieure, sur notre échantillon, est brisée. Sous le dentaire, se recourbant sur la face interne où il prend un grand développement, se trouve l'*operculaire* (splénial).

La face interne est difficile à interpréter, par suite de la présence d'une

gangue gréseuse, qu'il n'a pas été possible de faire disparaître complètement. Elle est constituée en grande partie par l'operculaire, qui ne présente pas la segmentation décrite par Williston, et d'après laquelle cet auteur a voulu voir des affinités avec les Crossoptérygiens. Au-dessus de l'angulaire on voit un os très allongé, couvert de nombreux denticules. Les connexions de cet os nous portent à le considérer comme homologue du *complémentaire* des Reptiles.

Les caractères de cette mandibule sont suffisamment nets pour nous permettre d'établir sa position systématique. L'Amphibien de Madagascar présente des analogies très grandes avec *Eryops* et *Trimerorachis* du Permien de l'Amérique du Nord. Mais c'est au genre *Rhinesuchus* qu'il convient de le rapporter, à cause de la forme générale et des dimensions de la mâchoire, des connexions des divers os, de la disposition des denticules sur le complémentaire, de la structure des dents. Rien ne permet de le distinguer du *Rhinesuchus Whaitsi*, décrit par Broom, de la province du Cap. (Ce genre comprend également la forme décrite par Lydekker sous le nom d'*Eryops africanus*.)

Le genre *Rhinesuchus* se trouve localisé, à la base de la série de Beaufort, dans la zone à *Tapinocephalus*; il appartient au Permien moyen. C'est également l'âge qu'il faut attribuer aux grès et schistes de la région de Ranohira.

Ce résultat est d'ailleurs confirmé par la présence de fragments de reptiles, qui se rapportent à des genres que l'on rencontre dans les formations permiennes du sud de l'île. Ces reptiles sont assez abondants dans les couches sédimentaires de base, au nord et au sud de Ranohira.

Nous avons ainsi, à Madagascar, une longue bande de terrains permiens formés par des grès psammites verdâtres, des grès jaunes à mica blanc, et des schistes. Cette bande permienne s'étend du Mont Eliva au Mangoky, comprenant les couches supérieures du bassin de la Sakamena, la vallée inférieure du Ianapera, la région de Benenitra, et enfin les grès de Ranohira et de Beroroha.

On ne peut manquer d'être frappé par l'analogie faunistique des formations continentales de Madagascar et de l'Afrique du Sud, et par la faible dispersion du genre *Rhinesuchus*, connu seulement de ces deux régions. Enfin on remarquera l'opposition très nette qui existe au Permien entre la variété du groupe des Stégocéphales Rachitomes de l'Hémisphère Nord, et la pauvreté de la faune amphibienne de l'Hémisphère Sud, dont on ne connaît jusqu'à présent que la seule famille des *Rhinesuchidæ*.

GÉOLOGIE. — *Le Bassin crétacé de la Haute-Moulouya.* Note (¹) de M. **J. Savornin**, transmise par M. Ch. Depéret.

Dans une précédente Communication (²), j'ai fait connaître le remarquable développement des formations crétacées sur la rive droite de la Moyenne-Moulouya. C'était, du reste, la confirmation de mes prévisions de 1921, formulées à une époque où je n'avais pas encore exploré le pays à l'ouest de Matarka (³).

Mes recherches, poursuivies en octobre 1924, dans le bassin supérieur de la Moulouya, m'ont fait constater l'existence des mêmes formations jusqu'aux abords d'Aït Boulmane, à près de 250^{km} ouest de Matarka.

Ce n'est pas seulement sur la rive droite du fleuve, mais aussi sur la rive gauche, que le développement du Cénomanien, en particulier, se manifeste. *Tout le bassin supérieur de la Moulouya est donc une aire synclinale de Crétacé.*

J'ai d'ailleurs noté la présence d'une série continue, depuis l'Albien détritique et partiellement continental, en passant par le Cénomanien lagunaire (à gypses) et néritique (à huîtres), jusqu'au Campanien fossilifère (néritique aussi) et probablement jusqu'au Maëstrichtien. Ce dernier étage, seul, n'est pas encore affirmé par des arguments paléontologiques; mais il est conservé, au moins en partie, à l'est de la Moulouya, dans le Rekkam. (Les cartes topographiques ne sont malheureusement pas encore levées dans cette contrée. Elles n'indiquent, sur de grands blancs, qu'une « région de Chebek et de Gour » : c'est le pays crétacé par excellence, subtabulaire sur de grands espaces.)

Aux environs de Missour et d'Ouizert, à gauche et à droite de la Moulouya, quelques plissements se manifestent. La Chebka Metlili, la Chebka Habrou, sont des dômes cénomaniens, ou cénomano-turoniens, de même qu'une ride intermédiaire, portant la cote 1313. Je suppose que le Djebel Missour avec son prolongement S.-O., le Touireft, n'est aussi pas autre chose qu'un anticlinal crétacé, probablement dissymétrique, avec

(¹) Séance du 9 février 1925.

(²) Voir *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 281.

(³) *Remarques sur la transgression mésocrétacée à travers le Maroc central* (*C. R. séances Soc. géol. Fr.*, 1922, n° 3, p. 36). — *Nouvelles observations sur la transgression mésocrétacée au Maroc* (*Ibid.*, n° 8, p. 87).

brusque flexure au revers S.-E. J'ai observé cette même structure, admirablement nette au Dj. Chabet el Abid, qui est une réplique du Dj. Missour (N.-O. de Ksabi). Le genou, très brusque, donne ici lieu à des couches verticales, dans les contreforts méridionaux que traverse le « Trik Soltane ». Enfin j'ai pu voir, du haut du Chabet el Abid, où le Cénomanien est horizontal, le pays crétacé s'étendre très loin au nord de la Moulouya : jusqu'au delà de Douirat, en ondulations à peine marquées. La jonction originelle avec les témoins crétacés du Moyen Atlas, entre Arbalou Larbi et Timhadit (1) est désormais évidente.

Le pays crétacé, large de 150^{km} au méridien de Matarka, se réduit à une soixantaine au méridien de Ksabi et à moins de cinquante entre l'Ayachi et le Tizi n'Tar'zeft. J'ai lieu de supposer que le bassin se rétrécit encore à l'ouest et ne mesure même pas 20^{km} au droit d'Aït Boulmane.

Il faut noter ici que le facies spécial des couches que j'attribue à l'Albien (grès et marnes rouges de la série inférieure, constituant un véritable « terrain de gour », semblable à celui de Bou-Denib et du Moyen Guir) (2), a fait croire à du Permo-Trias. Ainsi s'explique l'indication de ce dernier terrain, entre Midelt et le Tar'zeft, et même à Ksabi, sur la carte géologique provisoire au $\frac{1}{1\,500\,000}$ de L. Gentil.

Un fait remarquable encore, c'est la transgression progressive du Crétacé moyen sur le Bathonien, le Bajocien, le Lias, les schistes paléozoïques et enfin le noyau granitique de la Haute-Moulouya. On observe cette progression régulière, en parcourant le pays soit du sud au nord : de Tittaouïne (pied du D. Ayachi) à Assaka n'Tebahirt, soit de l'est à l'ouest : des gorges de Ksabi ech Chorfa à Assaka n'Idji. Même en l'absence de fossiles, il y a là une disposition stratigraphique suffisamment démonstrative, pour éloigner l'idée de l'âge permo-triasique du terrain rouge autour d'Assaka n'Tebahirt.

Notons encore une conséquence importante de cette situation de la vaste aire synclinale crétacique : la séparation tectonique du Grand et du Moyen Atlas était nécessairement ébauchée dès le début du crétacé moyen. La puissance totale des sédiments déjà disparus par érosion (depuis le granite jusqu'au Bathonien) était supérieure à 2000^{m}, dans la zone subtabulaire

(1) *Le Moyen Atlas marocain* (*Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 322).

(2) *Géologie du Haut Guir et de la Moyenne Moulouya* (*Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 281).

nord de Midelt. La transgression crétacée sur cette zone laissait émerger d'importants reliefs, car on peut voir, dans les calcaires cénomaniens à Ostracés (par exemple entre Midelt et Ksabi), des galets volumineux de calcaires liasiques. Ces galets, par leurs formes aplaties, témoignent de ruissellements déjà actifs sur la première ébauche de chaîne de l'Ayachi.

Je montrerai, dans une prochaine Note, que les plis actuels de cette chaîne, relayés comme des coulisses, s'ennoient successivement sous la bordure méridionale du grand bassin crétacé. Cette bordure, à l'ouest de Bertat, point extrême où je l'avais précédemment repérée par intuition, passe au pied du Tizi n'Telr'emt, près des sources de Tizouneine et près de Tittaouïne (sud de Kasba Flilo). Elle traverse l'Asegmir vers Bou Naas, et l'Oulr'ès vers Aït Oumchat, d'où elle se dirige sur les Aït Boulmane.

Il est à souhaiter qu'il soit bientôt possible de remonter la Moulouya jusqu'au seuil d'Arbala et d'y voir le synclinal crétacé se poursuivre vers le Sud-Ouest. On peut, en effet, s'attendre à une continuité, par Azilal et Tanant, avec les affleurements qui bordent le Grand Atlas au sud de Marrakech.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Les atmosphériques. Leur classification. Leurs propriétés thermodynamiques.* Note (¹) de M. **R. Bureau**, présentée par M. G. Ferrié.

La France est soumise à l'action de deux courants de perturbations météorologiques) l'un (front polaire normal) circulant au nord de l'anticyclone des Açores en le laissant à sa droite ; l'autre (pseudo-front polaire méditerranéen (²), circulant sur la face sud-est de cet anticyclone en le laissant à sa gauche. On observe aussi des courants dérivés du front polaire normal (²) et enfin des interférences (³) entre ces différents courants.

Cette classification peut être également appliquée aux atmosphériques qui troublent en France les réceptions radiotélégraphiques.

1. *Perturbations météorologiques du front polaire normal.* — Les atmos-

(¹) Séance du 9 février 1925.

(²) Ph. Scherechewsky et Ph. Wehrlé, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 285 et 1183. — Petitjean, *Cahiers du Service météorologique algérien*, n° 1, 1923, p. 13, et *Comptes rendus*, t. 179, 1922, p. 1279. — Ph. Wehrlé, *Bulletin mensuel de l'O. N. M.*, février, p. 5, et juillet 1923, p. 17.

(³) Ph. Wehrlé et A. Viaut, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1276.

phériques qui s'y rattachent ont les caractères suivants : *a*. Apparitions et disparitions alternatives dues aux passages successifs de fronts froids (hausse barométrique) et de fronts chauds (baisse barométrique) [1]; *b*. Absence de périodicité quotidienne (apparition possible à toutes les heures); *c*. Dissymétrie azimutale; un radiogoniomètre donne des directions nettes de maxima et de minima; *d*. Dissymétrie dans le temps : avant le passage du front froid, décharges sèches, isolées, dont la fréquence et l'intensité croissent jusqu'au passage de la discontinuité. Après le passage du front, décharges se prolongeant en craquements beaucoup plus gênants pour les réceptions. Quand le front se présente sous la forme d'une ligne de grains, on peut observer de plus une courte période de calme s'interposant entre les atmosphériques préfrontaux et les atmosphériques postfrontaux.

C'est à cette catégorie d'atmosphériques que se rattachent ceux que nous avons déjà nommés « migrateurs » [2].

2. *Perturbations météorologiques des pseudo-fronts polaires* — Les atmosphériques y présentent les caractères suivants : *a*. Apparition et disparition liées à l'établissement du courant de perturbations sur la France et son évanouissement; *b*. Pas d'alternance d'établissement ou d'affaiblissement des atmosphériques correspondant à celle des noyaux de hausse ou de baisse barométrique; *c*. Périodicité quotidienne très franche (caractère essentiel). Apparition vers 11^h, disparition vers 21^h; *d*. Apparitions et disparitions presque simultanées sur toute la France, la seule propagation qu'ils semblent accuser étant d'Est à Ouest avec le Soleil, en liaison avec l'échauffement par celui-ci des basses couches del'atmosphère; *e*. Violence extrême et ininterrompue (roulements sans cesse renouvelés des heures durant); *f*. Absence de dissymétrie; violence presque identique dans les divers azimuts.

Ce sont ces atmosphériques que nous avons déjà désignés sous le nom d'*atmosphériques stagnants* [2] [3].

---

[1] R. Bureau, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 556, — R. Bureau et A. Viaut, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 394.

[2] R. Bureau, *Onze mois d'observation des atmosphériques* (publication du Comité français de radiotélégraphie scientifique).

[3] Il faut noter qu'il ne s'agit ici que d'observations faites en France et qui, par suite, correspondent à la partie mourante du courant de perturbations. Il serait intéressant de rechercher si ces courants ne donnent pas au contraire, là où ils ont toute leur vigueur (au large du Maroc, par exemple), des atmosphériques migrateurs.

3. *Courants dérivés du front polaire. Interférences, etc.* — Quand le front polaire se dédouble, la France peut se trouver sous l'action d'une branche dérivée du courant de perturbations. Les atmosphériques y sont très souvent semblables à ceux du front polaire normal. Toutefois certaines particularités météorologiques peuvent alors se présenter auxquelles correspondent des singularités dans l'aspect des atmosphériques : *a*. Interférences de deux courants de perturbations. Elles peuvent provoquer en certaines régions des apparitions brutales d'atmosphériques; *b*. Discontinuités météorologiques accusées subsistant pendant plusieurs jours (observées surtout dans le sud-est de la France). Les atmosphériques y sont très violents. Ils ont, sauf la propagation, les caractères des atmosphériques migrateurs. Nous les nommerons *pseudo-stationnaires*; *c*. Courant de perturbations du front polaire ou d'un front dérivé parvenant dans une région de gradient barométrique faible ou nul. Les atmosphériques, tout d'abord migrateurs, y prennent des apparences d'atmosphériques stagnants. Mais, comme il leur en manque la propriété essentielle (périodicité diurne très caractérisée), nous les classerons à part sous le nom de *pseudo-stagnants*.

4. *Anticyclone continental étendu à la France.* — Les atmosphériques y présentent une périodicité quotidienne marquée, mais inverse de la périodicité des atmosphériques stagnants. Ils apparaissent dans la première partie de la nuit et disparaissent avant le jour. Ils sont en général peu intenses. Ils semblent affecter davantage les petites longueurs d'ondes que les grandes. Nous les nommerons *atmosphériques d'anticyclones* (1).

En résumé, on observe dans les courants de perturbations météorologiques des transformations de l'énergie potentielle, soit en énergie cinétique (2), soit en énergie électromagnétique (3). Dans les différentes branches du front polaire, l'énergie électromagnétique n'apparaît qu'avec les invasions et surtout les expulsions d'air polaire. Dans les pseudo-fronts, elle se manifeste violemment à des heures toujours les mêmes, en tous les points.

La transformation d'énergie potentielle en énergie électromagnétique n'est pas provoquée seulement par les discontinuités. L'origine et l'histoire

(1) Il ne faut pas les confondre avec les atmosphériques parfois très violents que l'on observe au moment de l'extension de l'anticyclone, lorsque celle-ci est provoquée par une expulsion d'air polaire, et qui sont des atmosphériques migrateurs.

(2) J. Bjerknes et H. Solberg, *Mémorial de l'O. N. M.*, n° 6, 1923, p. 86.

(3) R. Bureau, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1623.

(donc la stratification) des masses d'air agissent également : l'air polaire des fronts froids peut être le théâtre de décharges qu'ignore l'air tropical des fronts chauds. Par contre, dans les pseudo-fronts, l'air tropical est, entre midi et la nuit, le théâtre constant de brusques ruptures d'équilibre électromagnétique.

MYCOLOGIE. — *Sur la culture des Champignons Hyménomycètes en milieu artificiel.* Note de M. **L. Lutz**, présentée par M. Guignard.

Abstraction faite du Champignon de couche, les Hyménomycètes n'ont été jusqu'ici l'objet que d'un petit nombre d'essais de culture : Molisch, Matruchot, Kneip, Vandendries, El. et Em. Marchal, Mlle Bensaude, Boyer, Nobécourt, Morquer, Molliard, Costantin etc., ont publié les résultats favorables d'un certain nombre d'expériences, mais celles-ci ne concernent que des cas isolés et, de plus, les milieux nutritifs employés sont tous des milieux naturels stérilisés ou des dérivés de produits naturels : Citons, par exemple, les fragments de végétaux ligneux [ex. : brindilles de Pommier (El. et Em. Marchal)], les carottes stérilisées, pommes de terre simples ou glycérinées, ou bien des décoctions de ces végétaux solidifiées par l'agar (la plupart des auteurs), du moût de bière agarisé, ou encore les végétaux eux-mêmes susceptibles de servir dans la nature de support aux Champignons considérés (Costantin).

Ces milieux, qui ont habituellement donné des résultats satisfaisants dans les cas particuliers pour lesquels ils ont été imaginés, offrent cependant l'inconvénient d'être d'une composition essentiellement variable et de ne pouvoir par suite convenir à des recherches biologiques demandant quelque précision, comme par exemple l'étude de la nutrition, l'action des antiseptiques, de la réaction du milieu, etc.

J'ai donc été conduit par ces considérations à étudier une formule de milieu nutritif artificiel convenant au plus grand nombre de Champignons et pouvant subir à volonté toutes modifications suggérées par l'expérience.

Ce milieu se prépare de la façon suivante [1] :

---

[1] Les sucres entrant dans la composition du milieu ont été choisis comme prenant naissance dans l'hydrolyse des deux principaux corps constituants du tissu ligneux : cellulose lignifiée ou non et amidon.

Xylose	2^{g},50
Maltose	2,50
Phosphate d'ammoniaque	0,50
Azotate d'ammoniaque	0,50
Sulfate de magnésie	0,05
Sulfate de fer	0,025
Sulfate de manganèse	0,025
Gélose	10
Eau	500

Faire dissoudre à chaud. Ne pas filtrer.

Le milieu est ensuite réparti dans des récipients convenables et stérilisé à l'autoclave à 120°.

Si l'on n'a pas un besoin absolu d'avoir un milieu strictement artificiel, on peut remplacer les sels susceptibles de se conduire comme des catalyseurs par une macération à haute température de sciure de bois de Hêtre blanc (¹) qui les introduit tous dans des conditions se rapprochant le mieux de l'état de nature.

La formule du milieu est alors la suivante :

Sciure de bois de Hêtre blanc	175^{g}
Eau	750

Faire macérer à l'autoclave sous $1^{atm},5$ de pression pendant 2 heures. Exprimer à la presse, filtrer. Prendre ensuite :

Macéré ci-dessus	500^{g}
Xylose	2,50
Maltose	2,50
Phosphate d'ammoniaque	0,50
Azotate d'ammoniaque	0,50
Gélose	15

Faire dissoudre à chaud, répartir et stériliser.

Ce milieu m'a donné constamment les meilleurs résultats et c'est à lui que j'accorde la préférence toutes les fois qu'il est possible.

Dans certains cas il peut être utile d'employer un milieu liquide. Il suffit alors de supprimer la gélose de l'une ou l'autre formule.

A l'heure actuelle, je cultive sur ces milieux 27 espèces d'Hyménomycètes (²) et leur nombre s'accroît régulièrement, témoignant d'une bonne généralité d'application.

(¹) On entend par Hêtre blanc celui dont le tissu ligneux n'est pas encore transformé en duramen par imprégnation de composés phlobaphéniques qui le colorent en rouge (Hêtre rouge) et lui communiquent une résistance assez grande vis-à-vis des Champignons lignicoles. Au contraire le Hêtre blanc est essentiellement vulnérable.

(²) *Collybia fusipes*, *C. velutipes*, *Pleurotus ostreatus*, *P. conchatus*, *P. Eryngii* type, *P. nebrodensis*, *Marasmius urens*, *Coprinus radians* (*Ozonium*), *Polyporus*

Parmi les Champignons cultivés figurent une grande majorité de lignicoles, ce qui m'a permis de faire une constatation intéressante : c'est que les propriétés saprophytiques ou parasitaires ne sont nullement modifiées par le passage, même répété un grand nombre de fois, sur le milieu artificiel. Reportés sur un fragment de bois stérilisé, contenu dans un récipient approprié (tube à pomme de terre ou cristallisoirs emboîtés), les mycéliums envahissent ce support et y produisent des carpophores absolument normaux.

D'ailleurs, cette formation de carpophores s'observe assez fréquemment sur le milieu artificiel lui-même : je l'ai obtenue dans ces conditions avec *Pleurotus ostreatus*, *P. conchatus*, *P. nebrodensis*, *Collybia velutipes*, *Bulgaria inquinans*, *Schizophyllum commune*, ce dernier avec une remarquable facilité.

Sur fragment de bois de Hêtre, la fructification est si fréquente avec le *Polyporus versicolor* et le *Corticium quercinum*, ainsi qu'avec le *Stereum hirsutum* (quoiqu'un peu moins régulière), qu'il n'est pour ainsi dire pas de culture suffisamment prolongée qui ne donne naissance à des carpophores.

Pour l'application de cette méthode de culture, j'ai eu surtout recours à des bouturages de mycélium, mais j'ai réussi également plusieurs germinations de spores et je me propose de poursuivre d'autres essais dans ce sens.

En tout cas, si l'on est parfois gêné dans les isolements par des Moisissures (Mucorinées, *Penicillium*, etc.), les Bactéries ne contaminent que très rarement les milieux employés. Lorsqu'on les redoute, il suffit d'acidifier légèrement ces milieux, par exemple avec 0,5 à 1 pour 1000 d'acide tartrique, qui, à ces doses, ne nuit pas au développement des mycéliums.

CHIMIE AGRICOLE. — *Action des carbonates alcalins et alcalino-terreux sur l'acidité des sols.* Note de M. V. VINCENT, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

L'acidité des sols réduit les rendements culturaux de nombreuses plantes agricoles; elle s'oppose à la fixation de l'azote atmosphérique par les azobacters, mais elle peut être neutralisée par la chaux ou son carbonate, et aussi par les carbonates alcalins.

---

adustus, *P. versicolor*, *P. betulinus*, *P. pinicola*, *P. officinalis*, *P. igniarius*, *Trametes medullapanis*, *T. hispida*, *T. suaveolens*, *Stereum hirsutum*, *S. purpureum*, *Corticium quercinum*, *Schizophyllum commune*, *Tremella mesenterica*, *T. sp.*, *Exidia glandulosa*, *Chlorosplenium æruginosum*, *Bulgaria inquinans*, *Merulius papyrinus*.

La vitesse de neutralisation de l'acidité est fonction de la solubilité des saturants. Pratiquement l'on constate, après les essais de végétation, que la chaux et son carbonate ont une action presque égale, que le sucrate est un peu plus actif mais inférieur aux carbonates alcalins sodiques.

Le carbonate de soude est le plus énergique et le bicarbonate qui le suit est comparable aux neutralisants calciques.

Les carbonates alcalins sodiques employés dans les proportions indiquées par l'analyse pour la saturation exacte de l'acidité ne sont pas toxiques. Les rendements en blé, sarrasin, trèfle violet, sont supérieurs aux témoins mais nettement inférieurs à ceux obtenus avec les composés calciques.

Cultures successives de blé et de sarrasin.

Neutralisants.	Témoin.	CaO.	CO^3Ca.	Sucrate calcique.	CO^3Na^2.	CO^3NaH.
Blé { grain	2^g,500	10^g,050	9^g,900	7^g,850	9^g,811	4^g,860
Blé { paille	6,000	13,900	17,950	15,650	13,600	14,730
Sarrasin, paille	1,893	3,070	2,663	2,112	2,845	2,449
Acidité finale du sol en CaO	0,472	0,315	0,315	0,236	0,209	0,288
Trèfle violet.						
Fourrage vert	118	200	225	197,500	168,300	155
Acidité finale du sol en CaO	0,630	0,394	0,404	0,404	0,341	0,498

Acidité initiale du sol en CaO = 0^g,700 pour 1000.
Alcalinité en CaO, supplémentaire,
apportée par le phosphate de soude-engrais = 0^g,167.

Nota. — Dans ces essais de culture en pots, les eaux de drainage étaient utilisées à nouveau.

Les résultats obtenus permettent de constater :

Que les doses de neutralisants déterminées par l'analyse et appliquées sont insuffisantes pour saturer exactement l'acidité et qu'après les récoltes l'acidité restante est d'environ 50 pour 100;

Que certaines plantes, comme le trèfle, laissent les sols plus acides que les blé, sarrasin, etc., parce qu'elles ont des besoins de chaux plus grands;

Que la chaux vive, malgré son affinité pour les colloïdes acides du sol, alumine, silice, matières organiques, sature d'abord l'acidité réelle.

En résumé, le meilleur neutralisant de l'acidité des sols, quoique inso-

luble, est le carbonate de calcium parce qu'il peut être employé à toute époque sans nuire aux semis, et convenir aux terres légères où la chaux serait nuisible si les doses étaient quelque peu exagérées.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Application aux* L. Flexicaulis *de la méthode d'analyse par combustion.* Note de M[lles] **J. Lelièvre** et **Y. Ménager**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons établi l'an dernier (¹) une méthode de combustion des algues dans le but de contrôler la valeur des procédés d'attaque au bisulfite et d'incinération; cette méthode comportait le dosage simultané de l'iode fixe et volatil. Les résultats obtenus ont apporté la confirmation de l'exactitude des deux méthodes. De plus on constate la production normale, dans la combustion des *L. flexicaulis*, d'un composé d'étain volatil, au moins dans le cas des algues d'automne; enfin ces recherches précisent l'influence de la zone stipo-frondale sur la stabilisation et la volatilisation de l'iode.

Aucune modification essentielle n'a été apportée à l'appareil ni à la méthode de dosage de l'iode fixe et volatil; nous avons seulement remplacé le rouleau de toile de cuivre, reconnu inutile, par une seconde toile d'argent qui sert de témoin.

La précision de l'échantillonnage et de la méthode analytique est établie par les résultats suivants : une série de six combustions, effectuées sur six frondes d'octobre 1924, ont donné les chiffres 0,68 — 0,67 — 0,68 — 0,69 — 0,68 — 0,67 pour 100.

I. *Confirmation de l'accroissement de l'iode.* — La méthode de combustion a permis de vérifier l'exactitude du taux initial, déterminé antérieurement par incinération ou bisulfitage, sur des algues qui, après conservation, fournissent à l'analyse des teneurs en iode une fois et demie à deux fois plus élevées.

1° Des frondes de *L. flexicaulis*, récoltés en février 1924, qui contiennent au bout de sept semaines de conservation dans le bisulfite de chaux 0g,255 d'iode pour 100g d'algues humides, fournissent de suite après la récolte 0g,132 par bisulfitage et 0g,133 par combustion.

2° Des stipes de septembre 1924, accusant ultérieurement 0,80 d'iode pour 100 d'algues sèches, ont donné immédiatement par incinération 0,43 et par combustion 0,40. De même des stipes de novembre ont fourni des taux initiaux de 0,58 combustion) et de 0,63 (incinération); six semaines après, ils contenaient 0,79-0,84 pour 100 d'iode.

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1315.

Par conséquent, tous les chiffres publiés jusqu'ici et obtenus tant par extraction au bisulfite que par incinération, expriment réellement les quantités d'iode existant dans l'algue au moment de l'analyse.

II. *Formation d'un composé d'étain volatil dans la combustion.* — Nous avons trouvé de l'étain dans l'amiante platinée et sur la toile d'argent; les cendres n'en contiennent que des traces (8^{mg} pour 600^{g} d'algues). L'étain a été caractérisé par formation de sulfure stanneux brun, oxydation nitrique de celui-ci et formation de sulfure stannique jaune, puis par la réaction du métastannate d'argent décrite par Ditte ([1]).

L'étain est extrait de l'amiante platinée par attaque à l'acide chlorhydrique avant ou après réduction dans un courant d'hydrogène au rouge.

La toile d'argent a été traitée de deux façons :

1° Par attaque au cyanure qui dissout l'étain et une partie de l'argent; la solution, additionnée d'ammoniaque et de nitrate d'argent, donne un précipité blanc qui, même à l'obscurité, se transforme rapidement en stannure d'argent noir, tandis que l'iodure d'argent seul, dans les mêmes conditions, ne change pas d'aspect;

2° Par réduction électrolytique au moment du dosage de l'iode volatil : la toile d'argent, qui sert de cathode, est suspendue dans une petite cloche munie d'une tubulure à robinet et les gaz qui se dégagent passent dans un barboteur à nitrate d'argent. Dans plusieurs cas où l'étain était particulièrement abondant, est apparu un louche blanc qui s'est transformé très lentement en un précipité rose, puis noir. Nous pensons qu'il se produit dans l'électrolyse un hydrure d'étain ([2]).

Il n'est pas possible d'évaluer exactement la quantité d'étain volatil en se basant sur l'augmentation de poids de la toile d'argent : cette augmentation peut n'être pas due exclusivement à l'étain et à l'iode et d'autre part l'amiante platinée retient une quantité appréciable d'étain.

III. *Influence de la zone stipo-frondale.* — Cette influence, déjà signalée ([3]), a été mise en évidence de la façon la plus nette sur des *L. flexicaulis* récoltés à Wimereux en novembre 1924. Les résultats obtenus dans six combustions de stipes, avec ou sans zone stipo-frondale, chauffés immédiatement à 120° ou non chauffés, sont groupés dans le tableau suivant :

([1]) Ditte, *Comptes rendus*, t. 94, 1882, p. 1114.

([2]) La préparation électrolytique de l'hydrure d'étain a été décrite récemment par Paneth (*D. Ch. G.*, t. 57, 1891, p. 1877).

([3]) Freundler, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1625 et t. 179, 1924, p. 1421.

Échantillons.	Poids d'algues humides (gr).	Date de l'analyse.	Iode. Fixe (mg).	Volatil (mg).	Fixe % d'algues sèches.	Total % d'algues sèches.	Augmentation de l'argent (mg).	Étain volatil dans l'électrolyse.
Avec zone stipo-frondale :								
Incinération après dessiccation.	"	"	"	"	"	0,63	"	"
Chauffés	31,40	1er déc.	30,9	0	0,58	0,58	18	Ppté rose
Non chauffés	27,30	27 janv.	37,2	1,8	0,81	0,84	3,5	rien
Non chauffés	33,35	29 janv.	40,3	4 (1)	0,72	0,79	3,9	rien
Sans zone stipo-frondale :								
Chauffés (2 tubes)	48,70	9-10 déc.	91,6	2	1,12	1,14	"	rien
Non chauffés	33,65	17 déc.	55,6	7	0,98	1,10	14	traces
Non chauffés	27,55	6 janv.	48,4	3,3	1,04	1,11	7	rien

Il ressort de ces chiffres que le maintien de la zone stipo-frondale avec le stipe a pour conséquences :

1° La stabilisation du taux faible d'iode, stabilisation totale et définitive si les échantillons sont chauffés immédiatement (0,58), partielle s'ils ne sont pas chauffés (0,84-0,79) (2);

2° L'absence complète d'iode volatil dans les stipes chauffés (le même fait a été observé, sans aucune exception, lors des analyses de septembre et d'octobre effectuées dans les mêmes conditions);

3° La formation d'une quantité maximum d'étain volatil précisément dans le cas des échantillons chauffés, où l'iode total est minimum et où l'iode volatil fait défaut.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la présence de la silice dans les coupes histologiques incinérées. A propos d'une Note de M. A. Policard.* Note de M. L. **Herrera**. (Extrait.)

M. A. Policard affirme que l'incinération des coupes histologiques dans un petit four électrique permet de localiser les éléments minéraux fixes des

(1) La moitié de cette quantité d'iode a été exceptionnellement retrouvée sur la toile d'argent arrière qui n'a pas été pesée.

(2) Nous rappelons d'ailleurs que le chauffage lent et modéré de la première phase de la combustion réalise les conditions les plus favorables à l'accroissement du taux d'iode.

tissus (1). Or j'ai appliqué cette incinération de bonne heure, dès 1910 (2) et l'on pourra voir mes microphotographies de coupes incinérées dans le volume publié par le IXe Congrès international de Zoologie tenu à Monaco du 25 au 30 mars 1913, page 431, figures de coupes minces de cuir chevelu humain avant l'incinération et après l'incinération, montrant les écailles de silice et aussi le tissu de pelure d'oignon avec les noyaux, le cytoplasma et les membranes carbonisés avec la silice et les sels. Ma technique consiste à incinérer les coupes histologiques ou les frottis entre la lamelle et le porte-objet, à la température la plus basse possible, au-dessus de la flamme d'une lampe ou d'un bec de gaz, pendant quelques jours, pour éviter la volatilisation rapide des corps volatils et l'entraînement de la silice par les courants d'air. La formaldéhyde, par exemple, ou la pyroxyline, ne donne aucun résidu par incinération rapide sans couvre-objet, tandis que, sous l'influence d'une température la plus basse possible et avec le couvre-objet, on obtient un résidu où j'ai toujours trouvé la silice se caractérisant par les gerçures et l'aspect microscopique, ainsi que par le nuage dans la perle de borax, la formation de fluorure de silicium et la solubilité dans l'acide fluorhydrique et les lessives. De cette manière j'ai pu retrouver ce colloïde inorganique dans les organes et les tissus de la grenouille méthodiquement incinérés, dans les hématies de l'axolotl, chez les infusoires et en général les êtres microscopiques, les colloïdes organiques les plus divers et même dans les matières organiques volatiles comme le chloroforme, l'alcool, la formaldéhyde de Merck; dans la salive, le sang humain, en général dans toutes les coupes histologiques des plantes et des animaux et dans toutes les matières organiques examinées pendant plusieurs années.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les propriétés catalytiques du bismoxyl.* Note de MM. **A. Maubert, L. Jaloustre, P. Lemay et G. Andreoly**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les recherches de Levaditi et Nicolau (3) ont montré que le bismuth et ses sels possèdent la propriété de former avec les substances protéiques

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1013.

(2) A.-L. Herrera, *El ácido silicico en los residuos carbonosos dè las materias orgánicas*. (*La Terapeútica Moderna* Mexico, 15 juillet 1912, p. 122, fig.).

(3) Levaditi et Nicolau, *Annales Institut Pasteur*, t. 38, 1924, p. 179; *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1189.

contenues dans les extraits d'organes, notamment l'extrait de foie, un précipité protéo-bismuthique, doué de propriétés spirillicides et trypanocides *in vitro*, auquel ils ont donné le nom de bismoxyl.

A la suite des recherches que nous avons poursuivies sur la catalase du foie [1] nous avons pensé que l'extrait hépatique étant riche en catalase, il serait intéressant d'examiner le précipité protéo-bismuthique du point de vue de ses propriétés catalytiques sur l'eau oxygénée.

Dans toutes nos expériences, nous avons utilisé du tartrobismuthate de potassium et de sodium neutre cristallisé par Poulenc à 35 pour 100 de bismuth métal.

Nous avons préparé le précipité suivant la technique de Levaditi et Nicolau. Le tableau suivant résume la manière dont nous avons opéré pour l'obtenir :

Extrait hépatique pur	5	5	5	5	5	5
Concentration en tartrobismuthate pour 100 du mélange exprimée en mg	25	50	100	200	500	2000
Volume total en cm^3	10	10	10	10	10	10

Après 3 heures de séjour à l'étuve à 37° et 20 heures de repos, on obtient dans chaque tube un précipité dont le volume est variable suivant la concentration en tartrobismuthate de la solution, dans laquelle il a pris naissance.

Nous avons alors pratiqué pour chaque tube des séries de lavages à l'eau distillée suivies de centrifugations.

Après chaque lavage et centrifugation, nous avons examiné l'activité sur l'eau oxygénée du liquide surnageant et du précipité contenu dans chaque tube.

Résultat. — L'activité du liquide surnageant s'affaiblit au fur et à mesure des lavages pour devenir nulle après 10 lavages.

Le précipité dans ces conditions catalyse toujours énergiquement l'eau oxygénée.

Nous avons obtenu les mêmes résultats par la dialyse, en sac de collodion.

A aucun moment, le dialysat ne s'est montré catalytique alors que le précipité a toujours décomposé énergiquement l'eau oxygénée.

Influence de la dessiccation et de la chaleur. — Nous avons étalé une cer-

(1) MAUBERT, JALOUSTRE et LEMAY, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1502. — MAUBERT, JALOUSTRE, LEMAY et GUILBERT, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 889.

taine quantité de précipité sur des lames de verre en couches minces placées à l'étuve à 37°. Après dessiccation complète du précipité, ce dernier remis en suspension dans l'eau a décomposé l'eau oxygénée aussi énergiquement que le précipité frais.

Nous avons alors porté à 100° pendant 4 minutes une suspension aqueuse de précipité. Dans ces conditions, il s'est produit une floculation en masse et, après refroidissement, le précipité a perdu toute activité sur l'eau oxygénée. Les propriétés catalytiques du précipité bismuth-albumine ne résistent donc pas à la température de l'ébullition.

De même le précipité préparé en partant d'un extrait hépatique soumis 10 minutes à la température de 100° n'exerce aucune action sur l'eau oxygénée.

Influence de la teneur en bismuth. — Le tableau suivant résume nos expériences et les résultats :

Concentration en mg de tartrobismuthate de la solution mère pour 100	26	50	100	200	500	2000
Précipité bismuth-extrait hépatique dilué au $\frac{1}{5000}$ (en cm³)	100	100	100	100	100	100
Eau oxygénée neutre	20	20	20	20	20	20
Eau distillée	80	80	80	80	80	80
Oxygène disponible du mélange total en mg.	394	394	394	394	394	394
Oxygène dégagé après 4 heures en mg	324	324	324	324	324	324

Résultats. — L'activité catalytique du précipité dans les conditions ci-dessus est indépendante de la concentration en tartrobismuthate de la solution dans laquelle il a pris naissance.

Expériences de contrôle. — Nous avons pu nous rendre compte, par des essais pratiqués avec différentes ovalbumines, que l'ovalbumine ne catalyse pas l'eau oxygénée. L'ovalbumine ne contient pas de catalase.

Nous avons alors préparé, dans des conditions analogues au précédent, un précipité bismuth-ovalbumine.

Après centrifugation, le précipité et le liquide surnageant ont été mis de côté et l'on a expérimenté leur action sur l'eau oxygénée. Elle a été trouvée nulle pour l'un et pour l'autre.

Conclusions. — Le tartrobismuthate de potassium et de sodium précipite la catalase des extraits hépatiques puisque le précipité formé possède comme celle-ci une grande activité sur H^2O^2, alors que le précipité obtenu avec l'ovalbumine est sans action, de même que le liquide surnageant après centrifugation.

La catalase est fortement retenue et l'on ne peut la séparer, ni par des lavages, ni par dialyse.

Le précipité conserve ses propriétés catalytiques après dessiccation, mais il est rendu inactif par chauffage à 100° pendant 5 minutes. Il est également inactif lorsqu'il est obtenu avec de l'extrait hépatique chauffé à 100°.

L'activité du précipité sur H^2O^2 est indépendante de sa teneur en bismuth.

Nous faisons remarquer que le précipité bismuth-extrait hépatique contenant la catalase est spirillicide *in vitro*, alors que le précipité bismuth-ovalbumine ne l'est pas.

PHYSIOLOGIE. — *Appareils pour la détermination du champ visuel anatomique par la méthode de l'image transsclérale.* Note (¹) de MM. **A. Rochon-Duvigneaud**, **E. Bourdelle** et **J. Dubar**, présentée par M. E. Leclainche.

La méthode de détermination du champ visuel anatomique par l'image transsclérale imaginée par l'un de nous (²), mais déjà utilisée par von Tschermak (³), ainsi que nous l'avons appris par la suite, consiste essentiellement, dans l'examen sur un œil énucléé ou sur des yeux mis à découvert en place dans leur cavité orbitaire, des images transsclérales produites par une source lumineuse intense, susceptible de se déplacer sur un arc périmétrique. La mise en œuvre de cette méthode nous a conduits à la conception d'appareils spéciaux, dont la construction a pu être réalisée grâce à la subvention qui nous a été accordée, en 1922, par la fondation Loutreuil.

L'un de ces appareils est destiné à l'examen des yeux des petites espèces. Il est constitué par un cercle périmétrique horizontal de 45^{cm} de diamètre, gradué en degrés, sur le bord duquel peut être déplacée une source lumineuse. Un support permet de fixer au centre du cercle un globe oculaire énucléé ou une tête de petite espèce.

(¹) Séance du 2 février 1925.

(²) A. Rochon-Duvigneaud, *Contribution à la physiologie de la vision de la Chouette chevêche* (*Annales d'Oculistique*, t. 158, août 1921, p. 1); *Une méthode de détermination du champ visuel chez les Vertébrés* (*Annales d'Oculistique*, t. 159, août 1922, p. 561).

(³) Tschermak, *Archiv gesamm. Physiol.*, Bd. 91, 1902, et *Wie die Tiere sehen, verglichen mit dem Menschen* (Prague, 1914, p. 1-81).

Cet appareil rend faciles des mensurations de champ visuel monoculaire ou binoculaire. Il a permis à l'un de nous, qui en a déjà fait état dans une Communication antérieure, avec figure à l'appui [1], de préciser la direction des lignes visuelles fovéales chez les oiseaux et d'interpréter comment les oiseaux pourvus de deux foveæ les utilisent pour la vision monoculaire et la vision binoculaire.

Un deuxième appareil (*fig.* 1) plus important, en dépôt au Service

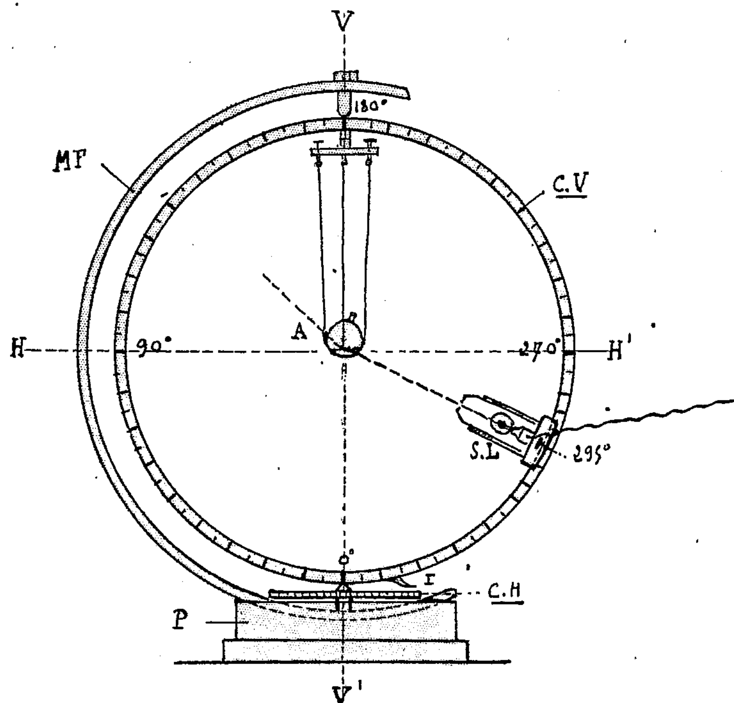


Fig. 1. — *Appareil d'Alfort.*

Grand cercle périmétrique vertical mobile et orientable (C. V.) sur cercle gradué horizontal (C. H.) avec index de repérage (I.). Source lumineuse mobile (S. L.). Image transsclérale (A.) sur le globe oculaire suspendu au centre de l'appareil. Monture fixe (M. F.) sur pied (P).

d'Anatomie de l'École vétérinaire d'Alfort, est utilisé pour examiner les globes oculaires des grandes espèces. Il est constitué par un grand cercle périmétrique de 1^m,10 de diamètre, gradué en 360°, monté sur pivot suivant un axe vertical et ainsi orientable, suivant tous les méridiens verticaux,

(1) Dr A. Rochon-Duvigneaud, *Lignes visuelles des foveæ centrales (à vision indépendante) et des foveæ latérales (à vision associée) chez le Faucon crécerelle* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2272).

sur un petit cercle horizontal placé à sa base, également gradué en 360°. Une puissante source lumineuse électrique, susceptible de donner un faisceau de rayons parallèles ou à peu près parallèles, portée sur un chariot à glissière, est mobile, concentriquement, sur le grand cercle périmétrique. Un appareil de suspension permet de disposer les globes oculaires suivant leur axe optique et leur centre optique au centre du cercle périmétrique.

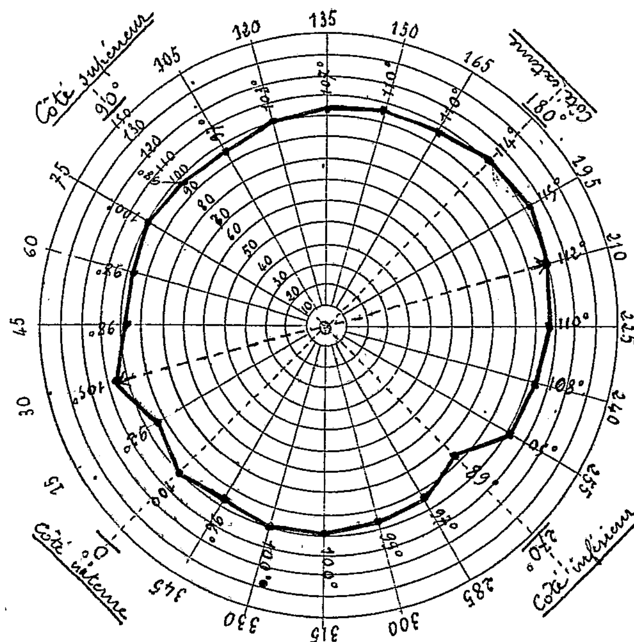


Fig. 2. — *Relevé méthodique de champ visuel mesuré avec l'appareil d'Alfort* (globe oculaire droit de cheval).

Les lignes radiées correspondent aux divers méridiens du globe oculaire de 15 en 15°; le méridien horizontal étant 0° — 180°. Les cercles concentriques tracés de 10 en 10° permettent d'indiquer la valeur du champ visuel suivant les divers méridiens.

En chambre noire, l'image de la source lumineuse transparaît à travers la sclérotique dans toute l'étendue de la rétine jusqu'à sa limite à l'ora serrata. A ce niveau, la pigmentation augmente et l'image transsclérale disparaît. On détermine ainsi le champ visuel anatomique (champ d'éclairement de la rétine) que nous n'avons aucune raison de considérer comme différent du champ visuel physiologique.

L'image transsclérale pouvant être suivie dans toutes les positions où la source lumineuse est placée dans les limites du champ visuel, celui-ci peut être ainsi très approximativement apprécié en degrés, suivant tous les méridiens du globe oculaire, d'après la position de la source lumineuse sur

le cercle périmétrique au moment où l'image transsclérale disparaît. Les méridiens suivant lesquels on mesure le champ visuel sont déterminés par le cercle gradué, horizontal, d'après l'orientation du globe oculaire.

Les observations recueillies à l'aide de cet appareil peuvent être méthodiquement enregistrées sur des gabarits conformes au type ci-joint (*fig.* 2). Les points marqués à la limite périphérique du champ visuel, suivant les divers méridiens, répondent à la position limite de la source lumineuse sur le cercle périmétrique par rapport aux différents côtés du globe oculaire. On peut ainsi obtenir des relevés schématiques de champs visuels anatomiques, très expressifs, faciles à interpréter, comparables d'un œil à l'autre pour le même sujet ou pour des yeux de sujets de la même espèce ou d'espèces différentes.

PHYSIOLOGIE. — *La vie sans pancréas. Effets de la suppression du traitement par l'insuline chez le chien totalement dépancréaté : coma diabétique, sa guérison par bicarbonate de soude et insuline.* Note de M. **E. Hédon**, présentée par M. H. Vincent.

Le chien totalement dépancréaté traité par l'insuline dont il a déjà été question dans une précédente Note (¹) est toujours en très bonne santé, quatorze mois après l'opération. Grâce à deux injections d'insuline par jour et à l'administration *per os* de ferments pancréatiques, il a été possible de maîtriser constamment son diabète et de maintenir son équilibre de poids ; même on a réussi à plusieurs reprises à l'engraisser par un régime spécial renfermant des produits de la digestion pancréatique des aliments.

Ce chien (dont les manifestations psychiques en rapport avec le traitement sont fort curieuses) est constamment resté très vif, gai et vigoureux. En octobre, il a fécondé une chienne de taille notablement supérieure à la sienne (naissance, deux mois après, de six petits, dont quatre se sont développés normalement jusqu'ici).

L'observation est continuée et la présente Note n'a pas pour but d'énoncer les conclusions définitives, mais seulement de faire connaître le résultat d'une nouvelle expérience.

Le 29 janvier, nous avons arrêté complètement le traitement par l'insuline, avec l'intention de ne le reprendre qu'à une période avancée de la cachexie diabétique.

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1633.

A cette date l'animal pesait 7^{kg},120 (poids supérieur d'au moins 100^g au poids normal de 1923).

Dès le lendemain, le diabète se développa avec une très forte intensité. Énorme polyurie, glycosurie de 10 pour 100, soif ardente. Le jour suivant l'animal souffrait visiblement d'un trop grand excès de sucre en circulation : on lui supprima alors le pain, les hydrates de carbone étant devenus d'ailleurs complètement inutiles. Le 1er et le 2 février, élimination de 104^g de sucre au taux de 6 pour 100. L'animal, quoique fondant à vue d'œil, supportait bien son diabète; il conserva pendant ces deux jours sa vivacité d'allure et son énorme appétit. Mais le soir du 6e jour (3 février) on le trouva très abattu et manifestement fort malade : perte d'appétit et difficulté de déglutition.

En même temps, l'urine changeait de caractères, diminuant de quantité, avec 4 pour 100 de sucre, et prenant une teinte brun rougeâtre. L'analyse y décela de l'hémoglobine, des pigments biliaires, de l'albumine (1 pour 100), des cylindres urinaires granulo-graisseux et des granulations graisseuses libres en grande quantité.

Le matin du 4 l'animal devient extrêmement faible; il ne tarde pas à se coucher pour ne plus se relever, refuse toute nourriture et tombe dans un état semi-comateux. Prise de sang : hyperglycémie de 0,3 pour 100, sérum fortement teinté par l'hémoglobine indiquant une hémolyse accentuée. Urines, mêmes caractères que la veille avec 3 pour 100 de sucre.

On fit alors deux injections sous-cutanées d'une forte dose insuline. Sous son influence le taux du sucre du sang ne tarda pas à baisser *et bientôt la glycosurie disparut. Mais l'état général loin de s'améliorer s'aggrava d'heure en heure.* A 6^h du soir, sur l'animal moribond, on préleva 10^{cm^3} de sang pour l'estimation de la réserve alcaline du plasma; celui-ci était rouge et ne contenait plus que le taux extrêmement faible de 11 pour 100 de CO^2 (dosage avec l'appareil de V. Slyke, effectué par le Dr Cristol.

Sous l'influence d'une première injection intraveineuse de 2^g de bicarbonate de soude dissous dans 100^{cm^3} d'eau, l'animal sortit un peu de sa torpeur à 7^h du soir. Deux heures après une nouvelle injection de 1^g eut aussi un effet marqué; et après une troisième injection de 2^g, à 11^h, l'animal était littéralement ressuscité. Peu après, il se leva spontanément de sa litière, traversa tout le laboratoire avec une démarche caractérisée par la raideur des membres, et vint nous quémander de la nourriture.

Le lendemain matin, il était remarquablement bien restauré, et avait mangé pendant la nuit toute la pâtée refusée dans le jour. De copieuses rations d'hydrates de carbone et d'insuline achevèrent de le rétablir, et très rapidement les jours suivants les muscles des membres s'assouplirent et reprirent leur force, Les urines demeurèrent encore quelque temps albumineuses, troubles, riches en leucocytes, mais sans cylindres; ces symptômes

finirent par disparaître; et actuellement (12 février), l'animal est complètement rétabli et aussi vif qu'avant l'accident. Il a perdu 1^{kg} mais remonte chaque jour.

On voit : 1° que la suppression brusque de l'insuline a provoqué des accidents d'acidose très graves, ainsi qu'on l'a déjà observé chez l'homme; 2° que l'association des injections intraveineuses de bicarbonate de soude au traitement par l'insuline permet de rétablir l'état normal à une période très avancée du coma, alors que chacun de ces agents pris isolément serait inefficace. En effet, l'insuline seule, à cette période, est incapable de rétablir la réserve alcaline et de désintoxiquer l'organisme; et d'autre part, sans insuline, le bicarbonate de soude ne saurait avoir qu'une action incomplète et éphémère.

Pourquoi la suppression de l'insuline a-t-elle des conséquences si redoutables, alors que le diabète évolue d'ordinaire après la pancréatectomie sans incidents de cette sorte? Serait-ce parce que l'animal insuliné pendant longtemps auraient des organes malades, de la dégénérescence graisseuse du foie notamment, comme on l'a prétendu? Je ne le pense pas; car si ce chien avait eu ses organes essentiels profondément altérés par une intoxication lente venant de l'insuline, il n'aurait certainement pas pu se rétablir dans l'état normal si promptement et si complètement. Bien plutôt il faut attribuer le fait à un degré inusité des troubles du métabolisme survenant brutalement chez un animal en pleine santé et pourvu d'abondantes réserves.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Rapport des nerfs avec la dégénérescence et la régénération des papilles gustatives.* Note de M. **Raoul-M. May**, présentée par M. F. Mesnil.

Cette recherche a eu pour but de déterminer l'ordre de succession exact et le rôle que jouent les nerfs dans la dégénérescence et la régénération des papilles gustatives, après la section de leurs nerfs. Le poisson-chat, *Ameiurus nebulosus* (Lesueur), est particulièrement favorable à une expérimentation de ce genre. Les papilles gustatives se trouvent sur toute la surface de l'animal, et sont concentrées sur les barbillons.

J'ai employé des méthodes histologiques sélectives pour les papilles gustatives et les nerfs (Vom Rath, Golgi, Bielschowsky). Des observations préliminaires sur les organes gustatifs normaux et leur innervation m'ont démontré que toutes les neurofibrilles perdent leur gaine myélinique avant d'entrer en relation de contiguïté avec les cellules du goût. Il n'y avait dans

aucun cas continuité directe entre les fibres nerveuses et les cellules gustatives. Ceci confirme la manière de voir généralement admise, mais s'oppose aux observations récentes de Lo Giudice (1923) (1).

Comme j'ai observé toutes les gradations entre les cellules gustatives et les soi-disant celles de soutien, ceci confirme la théorie qu'il n'y a qu'une seule espèce de cellule du goût.

Le nerf fut coupé à la base des barbillons, et j'observai la dégénérescence et la régénération du nerf et des papilles gustatives dans ces barbillons. Les arborisations nerveuses des papilles gustatives se désagrègent en filaments délicats et en granules, et disparaissent quelques heures après la section du nerf principal. Les fibres nerveuses, dans le tronçon distal du nerf coupé, ne commencent à dégénérer que quelques jours après la disparition complète des terminaisons nerveuses. La dégénérescence des fibres nerveuses n'a donc pas lieu d'une manière centrifuge à partir du point où le nerf a été coupé; les terminaisons nerveuses dégénèrent en premier lieu, et les fibres, dans le nerf principal, n'entrent en jeu que quelques jours après. La dégénérescence est donc centripète.

Les cellules gustatives restent intactes pendant plusieurs jours; elles se désagrègent alors et disparaissent très rapidement. Cette dégénérescence des organes gustatifs a lieu en même temps que l'apogée de la dégénérescence dans le nerf principal, si les poissons sont dans de l'eau à une température de 20° C. A cette température, il y a une dégénérescence synchronique des gaines myéliniques et des cylindres-axes dans le nerf principal. C'est la dégénérescence classique.

La régénération du nerf commence à une époque où certaines parties de ce nerf sont encore en dégénérescence. Les fibres nerveuses régénérées croissent jusqu'aux endroits où des papilles gustatives avaient existé. Les cellules gustatives se régénèrent sous l'influence des terminaisons nerveuses nouvellement formées. Cette influence n'est que de contiguïté, car je n'ai observé dans aucun cas que les cellules gustatives en état de régénération fussent en continuité avec les neurofibrilles.

Sello (1907) (2) et Boeke (1916) (3) ont admis le rôle chimiotactique des éléments non dégénérés dans la régénération des plaques motrices. Ceci n'est pas le cas pour les papilles gustatives, puisqu'ici il n'y a pas de cellules non

---

(1) *Arch. Zool. Ital.*, t. 10, 1923, p. 35-52.

(2) *Trav. du lab. de recherch. biol. de l'Univ. de Madrid*, t. 5, 1907, p. 117-149.

(3) *Verhand. d. Koningk. Akad. v. Wetensch. t. Amsterdam*, t. 18, 1916, p. 1-120.

dégénérées, et puisque ce sont les nerfs qui commandent la différenciation des cellules épithéliales ordinaires en cellules gustatives.

Quand les poissons sont mis dans de l'eau à une température moyenne de 13° C., ils deviennent très inactifs. A cette température, les gaines myéliniques, dans le tronçon distal des nerfs, se désagrègent lentement, mais les cylindres-axes de ce tronçon ne se désagrègent pas. Les cellules gustatives dégénèrent plus lentement qu'à 20° C., et leur régénération est très retardée. Elles se régénèrent après que les cylindres-axes des deux tronçons du nerf coupé se sont unis par première intention.

Ces faits se prêtent à l'interprétation suggérée d'abord par Olmsted (1920) (1), qu'une substance, ressemblant à un hormone, est continuellement fournie par les nerfs aux papilles gustatives. C'est cette substance qui permet aux papilles gustatives de conserver leur état normal. L'absence de cette substance donne lieu à une désagrégation des papilles gustatives, même si les cylindres-axes dans le nerf principal ne dégénèrent pas. Il nous semble, en tout cas, que, après la section du nerf, c'est l'interruption d'une fonction exercée par lui, plutôt qu'uniquement la discontinuité anatomique, qui donne lieu à la dégénérescence des papilles gustatives.

ZOOLOGIE. — *Sur les poissons africains de la famille des Phractolæmidés.* Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. Bouvier.

Les Phractolæmidés constituent une des familles les plus remarquables des eaux douces africaines. On n'en connaissait jusqu'ici qu'une unique espèce découverte en 1900, dans le delta du Niger, par le Dr Ansorge et décrite l'année suivante par G.-A. Boulenger (2) sous le nom de *Phractolæmus Ansorgei.* Ces petits Poissons, longs tout au plus d'une quinzaine de centimètres, ont été retrouvés depuis dans le Haut-Congo (3).

Chez les Phractolæmidés le corps est allongé, subcylindrique, couvert de grandes écailles striées. La tête est petite, le crâne fortement ossifié recouvert par la peau. La bouche est étroite, proboscidiforme, pouvant se rétracter dans une dépression au-dessus du museau. Il n'y a pas de dents, sauf une seule, conique, sur chaque dentaire. L'appareil olfactif récemment

(1) *Journ. Exp. Zool.*, t. 31, 1920, p. 369-401.
(2) *Pr. Zool. Soc.*, t. 1, 1901, p. 6, pl. II.
(3) Le British Museum possède un exemplaire de Monsembe; j'ai vu un spécimen du Musée de Tervueren recueilli à Mongende par le Dr Schouteden.

étudié par Derscheid [1] présente deux orifices et non un seul, le premier antérieur situé à l'extrémité d'un long tentacule, l'autre postérieur à la base de celui-ci. La fente branchiale est étroite. L'interopercule énorme recouvre la région gulaire. Comme nageoires : une courte dorsale située en arrière, des pectorales insérées bas, des ventrales abdominales, une courte anale très reculée, une caudale arrondie.

Les affinités de ces Poissons qui rentrent dans le groupe des Malacoptérygiens proprement dits sont assez difficiles à établir. Boulenger les rapproche des archaïques Ostéoglossidés encore représentés en Afrique par le genre *Heterotis*.

Une série de six échantillons, pêchés dans la Sangha et envoyés récemment au Muséum de Paris par M. A. Baudon, administrateur des colonies à Ouesso (Afrique équatoriale française) permet d'ajouter une nouvelle forme à celle jusqu'ici connue dans la famille, en même temps qu'elle révèle certaines particularités non encore signalées.

Voici la diagnose sommaire de cette nouvelle espèce à laquelle je crois devoir donner le nom d'épineuse pour des raisons exposées plus loin.

Phractolæmus spinosus nov. sp. — La hauteur du corps est comprise 4 fois 1/2 à 5 fois 1/3 dans la longueur sans la caudale, la longueur de la tête 5 fois 1/3 à 6 fois. L'œil est contenu 4 fois 3/4 à 5 fois 1/4 dans la longueur de la tête. On compte 34 à 36 écailles en ligne longitudinale, $\frac{3\ 1/2}{4\ 1/2}$ en ligne transversale. La dorsale, composée de deux rayons simples et de quatre branchus, débute plus près de l'origine de la caudale que de la tête. L'anale est formée de deux rayons simples et de quatre branchus. Le pédicule caudal est plus haut que long, plus court que la tête.

La coloration est uniformément brun olivâtre.

Les six spécimens types mesurent respectivement 120, 112, 89, 79, 74, 58^{mm} de longueur.

Sur ces six exemplaires quatre n'offrent rien de particulier en ce qui concerne la tête et l'écaillure, mais deux au contraire sont tout à fait remarquables :

Sur le plus gros, de 120^{mm}, il existe au pourtour de l'œil quatre volumineux tubercules plus ou moins épineux, faisant saillie hors de la peau et placés régulièrement en carré, deux plus rapprochés en avant de l'orbite, deux plus éloignés un peu plus en arrière; en outre, sur le pédicule caudal la rangée d'écailles de la ligne latérale et les deux rangées en dessus et en dessous portent une, parfois deux ou trois épines à pointe plus ou moins

[1] *Ann. Soc. Zool. de Belgique*, t. 54, 1923, p. 158.

aiguë [1]. La dissection ne montre pas de glandes génitales développées, ce qui ne permet pas de se prononcer sur le sexe.

Un autre individu beaucoup plus petit, de 74^{mm} de longueur, présente une disposition analogue, mais rudimentaire; il n'y a, en effet, de chaque côté qu'un seul tubercule en bas et en arrière de l'œil; d'autre part existent de très petites épines sur les écailles du pédicule caudal.

Il s'agit là assurément de tubercules nuptiaux comme on en rencontre chez les Cyprinidés pendant la saison des amours, tantôt chez les mâles, tantôt dans les deux sexes. Ces productions d'origine dermique, rappelant soit des épines, soit de petites perles siègent sur les écailles du corps, sur la tête, parfois même sur les rayons des nageoires.

Dans les genres africains et sud-asiatiques *Varicorhinus* et *Labeo* où ces organes sont particulièrement visibles sur les côtés de la tête et sur le museau, soit à l'état de tubercules durs et pointus, soit à l'état de cicatrices cratériformes, leur disposition paraît moins régulière, leur nombre est beaucoup plus grand et leur développement notablement moindre que chez les *Phractolæmus*.

Néanmoins la présence de productions semblables en relation avec les organes sensoriels des canaux muqueux céphaliques chez les Cyprinidés et les Phractolæmidés est fort intéressante à constater et permet peut-être d'envisager certains rapprochements entre les deux familles.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur les terminaisons nerveuses dans les cancers humains.* Note de M. R. Argaud, présentée par M. Henneguy.

Si l'on excepte quelques préparations montrées dernièrement par K. Itchikawa à l'Association française pour l'étude du cancer, l'existence de ces terminaisons n'a pas encore été démontrée chez l'homme et, d'une façon plus générale, dans les cancers spontanés chez les animaux. Par contre, dans le cancer expérimental provoqué, chez la souris et le lapin, par le moyen du goudron de houille, K. Itchikawa, S.-M. Baum et Y. Uwatoko ont noté leur présence non seulement dans la couche malpighienne, mais encore dans la partie kératinisée. Itchikawa et Baum avaient déjà reconnu, avec Engel, que le développement du cancer du

---

[1] Boulenger (*Cat. Freshw. Fish. Africa*, t. I, 1909, p. 169), au sujet du *Phractolæmus Ansorgei* écrit déjà : « Dans la région caudale les écailles de la ligne latérale et celles de la rangée en dessus peuvent porter un tubercule central. »

goudron est dû, au moins en partie, *à quelque influence des nerfs périphériques par le goudron de houille.* Mais, encore une fois, il n'est question, dans ces travaux, que de réactions épithéliales à des irritations expérimentales d'ordre spécial et, de par ce fait, de processus pouvant différer sensiblement de l'histogenèse habituelle des cancers spontanés. C'est ce qui nous a conduit à chercher comment se comportent les filets ultimes des fibres nerveuses, au sein des néoplasies humaines. Bien entendu, seront laissées de côté les fibres nerveuses préexistant dans l'organe devenu ulté-



rieurement tumoral, fibres qui sont, passivement, et telles quelles, englobées par l'envahissement cellulaire. Nous n'envisagerons que les fibres jeunes entraînées par les boyaux néoplasiques au fur et à mesure de leur allongement, et multipliant leurs arborisations en raison du nombre toujours plus grand des cellules anormalement prolifères.

Cette Note résume brièvement quelques résultats de nos investigations sur les terminaisons nerveuses dans une tumeur épithéliomateuse du chiasma des nerfs optiques (méningoblastome épithélial). La tumeur enlevée par

le Dr Bourguet, chez une jeune fille de 17 ans, siégeait au niveau de la face inférieure du chiasma et se présentait sous la forme de surélévations de la grosseur d'un grain de blé, criant, comme du sable, au cours de l'ablation à la curette. L'examen histologique montre qu'il s'agit d'un véritable épithélioma développé aux dépens d'un feuillet épithélial méningé (feuillet dure-mérien ou pie-mérien de l'arachnoïde). La tumeur renferme deux variétés de cellules de taille, de forme et de colorabilité différentes. Les unes, petites ou moyennes, sont groupées en lobes ou en travées dans lesquels elles sont réunies par des ponts de Ranvier. Par endroits, elles deviennent étoilées et s'anastomosent pour former un réseau.

Les autres, plus volumineuses, sont groupées en bulbe, intriquées parfois comme dans les globes épidermiques des épithéliomas pavimenteux stratifiés. Le bleu polychrome colore les grosses cellules en bleu pâle et les petites en rouge métachromatique. D'une façon générale, et quel que soit le colorant employé, les cellules volumineuses, qui sont les plus vieilles, restent plus pâles que les autres, ce qui permet de suivre plus aisément, à leur niveau, les trajets nerveux.

Par la méthode d'Apathy, on peut mettre en évidence des fibres nerveuses qui se présentent sous les aspects les plus variables. En certaines régions, les fibres sont grosses, noueuses, comme ratatinées, et serpentent entre les groupements cellulaires, ou au sein même de ces groupements. De leurs varicosités se détachent des ramuscules qui se divisent eux-mêmes par le procédé monopodique ou dichotomique. Certains de ces ramuscules sont moniliformes, comme pointillés; d'autres paraissent se terminer au niveau des cellules par des folioles hédériformes ou par de petits boutons; d'autres enfin se résolvent en de petits réseaux infiniment ténus. En réalité, les boutons ne sont pas terminaux. A l'immersion, et en faisant varier la mise au point, on peut suivre en aval de ces boutons et de ces folioles des filets extraordinairement délicats qui, tout en se ramifiant et en s'anastomosant avec des filets semblables, pénètrent certainement à l'intérieur de la cellule. Par ailleurs les fibrilles nerveuses dessinent des arabesques déliées au voisinage du noyau, etc.

Dans cette Note nous avons surtout tenu à démontrer : 1° l'existence des terminaisons nerveuses dans les épithéliomas humains et 2° leur prolifération, la multiplication de leurs ramuscules en rapport avec l'accroissement de la tumeur. La démonstration est ici d'autant plus nette que l'épithélioma que nous avons étudié s'était développé aux dépens de l'épithélium unistratifié. Les fines arborisations aperçues au niveau des

cellules les plus centrales des bourgeons néoplasiques ne peuvent donc être envisagées que comme des objets néoformés, en rapport génétique avec l'activité diérétique de la néoplasie dont elles concourent à assurer la trophicité.

MÉDECINE. — *Expériences de radiothérapie médullaire*. Note [1] de M. **H. Bordier**, présentée par M. d'Arsonval.

Conséquences pratiques pour le traitement de la paralysie infantile. — La radiothérapie, associée à la d'arsonvalisation diathermique, constitue le moyen thérapeutique le plus efficace dans la poliomyélite antérieure, aiguë ou chronique. Depuis que je l'ai fait connaître, ce traitement a donné des résultats, en particulier dans la paralysie infantile, qui se sont traduits toujours par une amélioration notable, et quelquefois par la guérison de cette redoutable affection.

Le but de cette Note est de préciser la technique radiothérapique à mettre en œuvre pour irradier correctement les cellules des cornes antérieures lésées.

Dès 1911 j'avais déjà cherché à mesurer au moyen des pastilles de platino-cyanure de baryum et de mon chromoradiomètre la proportion de rayons X arrivant dans le canal vertébral d'un squelette quand le faisceau est dirigé verticalement, dans le plan des apophyses épineuses et quand il est dirigé obliquement, sous un angle plus ou moins grand. J'avais déjà trouvé une grande différence : celle-ci se comprend aisément si l'on remarque que dans le plan vertical les rayons ont à traverser toute la hauteur des apophyses épineuses avant d'arriver au canal médullaire, tandis que dans un plan oblique les rayons n'ont à traverser que la lame vertébrale, peu épaisse, et dont le pouvoir absorbant est bien moindre que celui des apophyses.

J'ai repris ces déterminations expérimentales en me servant cette fois d'un moyen de mesure beaucoup plus exact que le chromoradiomètre, je veux parler de l'ionomètre de Solomon. Cet appareil se prête très bien à ce genre d'expériences ; la chambre d'ionisation étant, ainsi que son manche métallique, de forme cylindrique, peut être introduite facilement dans le canal

(1) Séance du 2 février 1925.

vertébral après que celui-ci a été agrandi par un coup de lime appliqué du côté du corps vertébral.

Cet ionomètre peut aussi servir à des mesures faites sur des animaux sectionnés en deux parties, comme on les trouve dans les boucheries, toutes les vertèbres étant séparées en deux moitiés égales par rapport à un plan médian antéro-postérieur. On peut ainsi expérimenter sur les deux régions qui intéressent le radiothérapeute, le renflement cervical et le renflement dorso-lombaire.

J'ai fait une série d'expériences sur des animaux fraîchement tués. Voici les conditions d'une expérience :

La chambre d'ionisation de l'ionomètre étant bien assujettie dans l'hémi-canal vertébral, la partie de l'animal choisie est posée de manière à ce que la direction des demi-apophyses épineuses soit bien verticale. L'ampoule étant orientée de façon que son plan de symétrie fasse un angle de 30° avec le plan vertical; puis on règle la distance de l'anticathode à la chambre d'ionisation, soit 20^{cm}. Le filtre employé était constitué par une lame de cuir de 7^{mm} d'épaisseur et une lame d'aluminium de 6^{mm}.

La feuille de l'électroscope ionométrique étant amenée à la division 60, on commence l'irradiation à laquelle on donne la durée d'une séance radiothérapique, soit 10 minutes. On note la chute de la feuille de l'ionomètre, par exemple 8 divisions. Le produit de ce nombre par la constante de l'appareil pour la grande capacité ($k = 6,5$ dans mon cas) donne la quantité de rayons ayant agi sur la chambre d'ionisation, $q = kd$.

Dans une expérience préalable, on a déterminé la déviation de l'ionomètre, la chambre d'ionisation étant recouverte des mêmes filtres et placée à la même distance de l'anticathode que la surface d'incidence. Après le même temps, 10 minutes, la feuille de l'électroscope a parcouru 36 divisions. La proportion $\frac{q}{Q}$ qui est transmise au canal médullaire est donc

$$\frac{q}{Q} = \frac{kd}{kD} = \frac{d}{D} \quad \text{ou dans le cas présent} \quad \frac{8}{36}, \quad \text{soit 22 pour 100.}$$

En opérant sur la même partie que dans l'expérience précédente, j'ai trouvé les chiffres suivants pour la région dorso-lombaire d'un veau de trois semaines :

1° Dans une direction	faisant avec la verticale	un angle de 10°....	19 pour 100
2°	»	»	30°....	22 »
3°	»	»	50°....	16 »

Pour la région cervicale d'un porc de six mois réduite à une épaisseur de 4^{cm} au-dessus du canal vertébral, j'ai trouvé les nombres suivants par rapport à la dose incidente sous le filtre, la distance de l'anticathode à la chambre d'ionisation étant ici de 14^{cm} :

1° Dans une direction oblique à 25°.............	36 pour 100
2° Dans une direction oblique à 50°........	28 »

Ces nombres plus élevés tiennent à ce que les lames vertébrales sont bien moins larges que celles des vertèbres dorsales et lombaires et que, par conséquent, la chambre d'ionisation est moins complètement recouverte par la substance osseuse.

J'ai refait les mêmes déterminations sur les deux premières vertèbres lombaires d'un squelette humain recouvertes par du tissu musculaire de cheval, en ayant soin de bien garnir l'espace inter-apophysaire et en donnant une épaisseur de 6^{cm} au-dessus du canal médullaire. La distance de l'anticathode au canal vertébral étant de 20^{cm}, j'ai trouvé les proportions transmises suivantes par rapport à la dose incidente :

1° Dans une direction verticale, plan des apophyses épineuses...	25 pour 100
2° Dans une direction oblique, angle de 30° avec la verticale...	34 »

Il y a lieu de remarquer que la proportion de 25 pour 100 trouvée pour l'irradiation verticale est, en réalité, bien plus grande que si la chambre d'ionisation était plus petite et pouvait être recouverte entièrement par la substance osseuse d'une apophyse.

De ces expériences il ressort nettement que la proportion de rayons arrivant à la moelle est beaucoup plus grande lorsqu'on fait pénétrer ces rayons dans une direction oblique et telle que le faisceau tombe perpendiculairement à la lame vertébrale : chez l'homme, cette lame a une orientation un peu différente suivant les régions. Le faisceau de rayons doit pénétrer sous un angle de 20° à 25° pour le renflement cervical et de 30° à 35° pour le renflement dorso-lombaire.

La méconnaissance d'une technique basée sur ces expériences amènerait des mécomptes dans les résultats cliniques.

La séance est levée à 15^h45^m.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 FÉVRIER 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THERMOCHIMIE. — *Destruction de la bombe calorimétrique de Berthelot. Son remplacement par une bombe d'un type nouveau.* Note de M. **Ch. Moureu**.

1. Le 16 décembre 1918, la bombe calorimétrique du Collège de France construite par Berthelot en 1885, éclatait au cours d'expériences entreprises, pendant la guerre, sur des réactions violentes à allure explosive.

L'explosion eut lieu dans mon laboratoire, et, par un heureux concours de circonstances, elle ne causa aucun accident de personne. Mais quelques minutes auparavant je tenais la bombe entre les mains....

La bombe de Berthelot, si souvent décrite, était, comme on le sait, composée de trois parties : le corps, la tête et le couvercle d'acier. C'est ce dernier qui avait cédé, et, entraînant la tête, il avait été se loger dans le plafond du laboratoire, à plus de 5^m au-dessus de la table de travail, qui, elle, avait été écrasée par le corps de la bombe.

La destruction de la bombe du Collège de France était une perte sensible pour la Science française.

Sortie la première des études de Berthelot et de Vieille, elle avait été employée pendant plus de trente ans, par des générations de thermochimistes, à la détermination des chaleurs de combustion, et, au moment où elle disparaissait, elle était encore, malgré les glorieux souvenirs qui s'attachaient à son long passé, un incomparable instrument de travail. Heureusement elle avait servi de modèle à un petit nombre d'autres bombes calorimétriques, qui se trouvent réparties dans quelques laboratoires de France et de l'Étranger.

Il y a en particulier, à l'heure actuelle, une bombe de tous points semblable à l'ancienne bombe du Collège de France, dans le laboratoire de M. Daniel Berthelot, à Meudon. Elle fait partie depuis longtemps du laboratoire modèle de thermochimie qu'avait autrefois créé Marcelin Berthelot, et elle a servi au maître et à ses élèves pour la détermination d'un grand nombre de chaleurs de combustion.

2. Les études thermochimiques ont repris depuis quelques années une importance nouvelle. Les publications sur les chaleurs de combustion se sont faites en ces derniers temps plus nombreuses et les déterminations plus précises. Il n'était donc pas possible de laisser le laboratoire de Marcelin Berthelot, où avaient été déterminées la plupart des chaleurs de combustion connues, privé de bombe calorimétrique.

J'ai donc pris la résolution de remplacer l'instrument disparu.

Mais à ce moment s'est présenté un problème d'un ordre nouveau. La bombe de Berthelot a un revêtement de platine très épais, pesant dans son ensemble 1300^g environ. Or, tandis qu'à l'époque où Berthelot avait établi les plans de son appareil le platine coûtait un peu moins cher que l'or, au moment, au contraire, où furent entreprises les études pour la construction d'une bombe nouvelle, le platine coûtait beaucoup plus cher que l'or. Une bombe exactement semblable à l'ancienne aurait exigé une dépense si considérable que son acquisition aurait été rendue impossible à la plupart de nos laboratoires.

Au lieu donc de me borner à faire reproduire purement et simplement l'ancien modèle (et cette solution eût été certes la plus commode) j'ai considéré comme un devoir de consacrer efforts et ressources à la création d'un type nouveau de bombe, ayant les mêmes avantages que celle de Berthelot, mais d'un prix beaucoup moins élevé.

J'ai eu la bonne fortune, pour mener cette œuvre à bien, de pouvoir m'assurer le concours de l'un des héritiers de la pensée de Marcelin Berthelot, Philippe Landrieu, dont le nom fait autorité en thermochimie [1].

La description complète de la nouvelle bombe ne saurait trouver sa place ici. Je me bornerai donc à donner sommairement ses constantes principales :

Le revêtement intérieur en platine, qui seul est réellement inattaquable

[1] Je crois devoir rappeler que la dernière publication de Berthelot fut une Note de thermochimie, présentée à l'Académie quelques jours avant sa mort, et qui portait, à côté de celle du maître, la signature de son collaborateur Philippe Landrieu.

au cours des combustions et donne une sécurité complète, fut conservé, et l'on s'efforça de diminuer la quantité de platine employée.

Nous fûmes ainsi amenés à rejeter la forme donnée par Berthelot à la fermeture de sa bombe : au lieu d'une tête ajustée par frottement, fermeture qui nécessite l'emploi d'un poids important de platine, on eut recours à une fermeture avec joint de plomb et collerette.

A la suite de longs tâtonnements, au cours desquels se produisirent quelques accidents (dont l'un fut assez grave), le diamètre de l'ouverture fut notablement réduit, afin de diminuer les effets de la pression sur le couvercle. Le corps de la nouvelle bombe n'a plus comme celui de l'ancienne une forme cylindrique, mais la forme d'une bouteille à large goulot.

La réduction de la quantité de platine employée, due à la modification de la fermeture, n'étant pas encore suffisante, on chercha à diminuer le poids du métal précieux qui sert au revêtement du corps, et, pour cela, on remplaça l'ancien revêtement formé d'une feuille de platine épaisse par un revêtement composé de trois couches intimement unies, soit $\frac{2}{10}$ de millimètre de platine, $\frac{4}{10}$ de millimètre d'or et $\frac{4}{10}$ de millimètre de cuivre, le tout soigneusement laminé en une feuille unique exactement appliquée sur le corps de la bombe.

On obtient ainsi un revêtement épais et résistant, qui, grâce à la couche de cuivre, se soude parfaitement à l'acier (ce qu'on n'aurait pu obtenir directement avec l'or), et qui, grâce à la couche de platine renforcée par une couche d'or épaisse, donne un revêtement complètement inattaquable. La quantité de platine fut ainsi réduite dans une très forte proportion, puisque la nouvelle bombe n'en contient plus que 128^g au lieu de 1300^g, soit environ dix fois moins.

La nouvelle bombe, qui dans la série des essais porte le n° 3, est actuellement en service dans mon laboratoire du Collège de France.

Elle a jusqu'ici servi à la détermination de plus de 100 chaleurs de combustion, et je puis dire qu'elle nous a donné entière satisfaction, tant par sa résistance que par ses facilités de manipulation.

3. Ces études sur la construction et l'emploi d'une nouvelle bombe nous ont naturellement conduits à un travail d'ensemble sur les méthodes calorimétriques.

Celles-ci ont été perfectionnées, les calorimètres ont été modifiés, pour diminuer les échanges de chaleur avec l'extérieur et réduire au minimum les corrections, jusqu'ici incertaines, de refroidissement et de réchauffement. Un outillage perfectionné fonctionne à l'heure actuelle dans

mon laboratoire; il permet de déterminer les constantes calorimétriques avec la précision du millième.

J'espère ainsi que le laboratoire de thermochimie du Collège de France, qui du vivant de Marcelin Berthelot fut le véritable centre des études thermochimiques dans le Monde, va retrouver une part de son activité, et qu'il reprendra bientôt sa place à côté des grands laboratoires étrangers qui, sur le terrain de la calorimétrie, l'avaient un moment dépassé.

En présentant à l'Académie le Tome 5 du *Catalogue photographique du Ciel* (*zone de Paris*) M. **B. Baillaud**, directeur de l'Observatoire de Paris, signale qu'il ne reste plus à imprimer que deux volumes de cette série : le Tome 6 contiendra les clichés compris entre les déclinaisons 19° et 21°; sa rédaction est terminée. Le Tome 7 (déclinaisons entre 18° et 20°) est en élaboration; un quart environ de ces clichés sont mesurés et tout autorise à penser que les mesures seront terminées en 1926.

Le présent volume a été préparé sous la direction de M. **I. Lagarde**, astronome titulaire, chef du Bureau des Calculs et du service des mesures, qui en a rédigé l'Introduction. Il contient les positions de 61076 étoiles, avec les coordonnées moyennes pour 1900 des étoiles de repère et les éléments provisoires des clichés.

A la fin du volume se trouvent, comme dans les volumes précédents, des Tables de M. Pourteau pour la transformation des coordonnées rectilignes en coordonnées polaires. On y trouve aussi une Étude sur les trois échelles de grandeur du Catalogue photographique, zone de Paris, due à M. Jules Baillaud, chef du service photographique, à Mlle J. Clavier et Mlle Lhommé; ces échelles sont comparées à l'échelle internationale; la discussion montre que les magnitudes des dernières étoiles photographiées dépassent en général la 12e,5 sur les clichés du Catalogue et atteignent la 15e sur ceux de la Carte. Dans l'étude de la précision des évaluations de grandeurs sur les clichés du Catalogue, on a utilisé des comparaisons très étendues faites par M. G. Demetresco, puis par M. Maneng entre les magnitudes attribuées à une même étoile sur différents clichés. En particulier, M. Maneng a comparé nos clichés des zones 23° et 24° dans la Voie lactée.

Un des résultats généraux du mémoire est que, dans l'ensemble, les magnitudes tirées du Catalogue International, non seulement pour les zones de Paris, mais aussi ailleurs, s'accordent à deux dixièmes de magnitude près; mais il y a sur certains clichés une très forte proportion d'étoiles dont

on ne pourrait déterminer les différences de magnitudes avec une erreur inférieure à 0,5 et beaucoup pour lesquelles cette erreur dépasserait une grandeur. Une cause d'erreur grave, aussi bien dans les clichés d'Harvard que dans ceux de Paris, pourrait se trouver dans des inégalités de sensibilité sur une même plaque.

Nous tenons à remercier pour leur concours la maison Gauthier-Villars qui a imprimé les cinq premières feuilles de ce volume et la maison Barnéoud, de Laval, qui a imprimé tout le reste.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. L. **Lindet** est élu membre de la Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques en remplacement de M. *L. Maquenne*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. **Max Ringelmann** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *L. Maquenne*.

M. **Paul Camboué** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Historical-mathematical Paris, by David Eugene Smith. (Présenté par M. J. Hadamard.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet généralisé ; équations non linéaires à m variables*. Note de M. **Georges Giraud**.

Les résultats contenus dans ma dernière Note ([1]) appellent quelques compléments et une rectification.

Tout d'abord, la méthode d'approximations successives qui conduit à la solution du problème de Dirichlet, pour des données au contour suffisamment voisines de zéro, suppose seulement, dans tous les cas (et non pas seulement dans le seul cas où $F'_u < 0$), que la *mesure* du domaine auquel on l'applique est assez petite, sans qu'il soit nécessaire de supposer ce domaine petit dans toutes ses dimensions.

Pour le théorème sur la dérivabilité indéfinie des solutions, on peut remarquer qu'il existe des cas en quelque sorte intermédiaires, où l'énoncé se simplifie d'une manière autre que celles qui ont été annoncées. En peu de de mots, il suffit d'admettre des dérivées continues pour celles des dérivées secondes de u qui figurent dans les dérivées partielles de F par rapport à

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2}, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2}, \quad \ldots, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_m^2}.$$

Dans la démonstration du théorème sur l'analyticité des solutions, il suffit d'annuler en O la fonction $V - u_0$ et ses dérivées jusqu'au second ordre seulement.

La démonstration indiquée du théorème sur le prolongement analytique des solutions à travers un contour S comporte en réalité une hypothèse plus restrictive que celle que je dois m'excuser d'avoir donnée d'abord : on doit supposer que les dérivées quatrièmes de U sont bornées sur S.

Si l'on compare ces résultats à ceux qu'a obtenus, pour $m = 2$, par une voie bien différente (quoique ayant son origine, comme la méthode actuelle, dans les travaux de M. Picard), M. Serge Bernsteiu ([2]), on constate qu'il y a concordance pour l'énoncé du théorème général sur l'analyticité. Au contraire, pour le théorème sur le prolongement analytique, M. Bernstein ne fait aucune hypothèse sur les dérivées d'ordre supérieur au second. Il y

---

([1]) Georges Giraud, *Comptes rendus*, t. **180**, 1925, p. 413.

([2]) Serge Bernstein, *Thèses de l'Université de Paris*, 1904 ; *Mathematische Annalen*, t. **62**, 1906, p. 253, et t. **69**, 1910, p. 82 ; *Annales scient. Éc. Norm. sup.*, 3e série, t. **27**, 1910, p. 233.

aurait donc lieu de compléter ou d'éclaircir ce point des résultats énoncés ici.

Enfin le théorème sur la possibilité du problème de Dirichlet s'applique au cas où $F'_u \leqq 0$, et non au seul cas où $F'_u < 0$; mais l'on doit admettre des limitations, de la nature indiquée dans ma dernière Note, pour toutes celles des dérivées de u qui figurent dans le théorème sur le prolongement analytique (et dans le théorème sur l'analyticité). Ce théorème s'entend des solutions holomorphes sur le contour.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Séries de fractions rationnelles d'itération.* Note (1) de M. GASTON JULIA.

J'étudie depuis quelque temps une classe intéressante de séries de fractions rationnelles douées de propriétés analytiques nombreuses et variées. Je vais résumer ici très succinctement quelques-uns des résultats de cette étude, me réservant d'indiquer ultérieurement les méthodes.

Soit $R(z)$ une fraction rationnelle, $R_n(z)$ désignera l'itérée d'ordre n de $R(z)$. On considère d'abord les séries (1) $\sum_0^\infty a_n R_n(z)$ où les a_n sont des constantes. [On pose $R_0(z) = z$.]

1. Envisagée dans le domaine de convergence Δ_α d'un point double attractif $\alpha[R(\alpha) = \alpha, |R'(\alpha) = s_\alpha| < 1]$ et, pour simplifier, de multiplicateur $s_\alpha \neq 0$ on reconnaît que, si $\alpha \neq 0$, la convergence de la série en un point du domaine nécessite celle de Σa_n, il en résulte que (1) *converge uniformément dans tout domaine intérieur à* Δ_α et représente une fonction holomorphe, à supposer que Δ_α ne contienne pas l'infini. Si Δ_α contient l'infini, les antécédents de ce point sont des pôles pour les R_n et (1) représente une fonction méromorphe dans Δ_α. Si $\alpha = 0$, la convergence de (1) en un point de Δ_α qui n'est pas antécédent de 0 entraîne la *convergence uniforme de* (1) *dans tout domaine intérieur à* Δ_α, et la conclusion précédente subsiste. Il n'est pas nécessaire que Σa_n converge, dans ce cas, il suffit que $\Sigma a_n s_\alpha^n$ converge. J'ai usé pour cette étude d'une représentation commode de $R_n(z)$ qui est

$$R_n(z) = \alpha + s_\alpha^n F(z) + a_2 s_\alpha^{2n} [F(z)]^2 + \ldots + a_p s_\alpha^{pn} [F(\alpha)]^p + \ldots,$$

(1) Séance du 16 février 1925.

valable dans tout domaine intérieur à $\mathcal{D}_\alpha$, domaine immédiat de α, dès que n est assez grand, $F(z)$ désignant la fonction connue de M. Kœnigs. Je n'insiste pas ici sur le cas $s_\alpha = 0$.

2. La fonction $f(z) = \sum_0^\infty a_n R_n(z)$ holomorphe en α n'est susceptible de la représentation (1) que *d'une seule manière*. On démontre en effet que la *série image* $\varphi(z) = \sum_0^\infty a_n z^n$ à rayon de convergence $\geqq 1$ ou $\geqq s_\alpha$, suivant les cas, est *déterminée d'une manière unique* par la donnée de $\varphi(1)$, $\varphi(s_\alpha)$, $\varphi(s_\alpha^2)$, ..., $\varphi(s_\alpha^h)$, ... puisque les points s_α^h tendent vers zéro. Les séries (1) ne peuvent évidemment pas servir à représenter toutes les fonctions holomorphes en α. La fonction de M. Kœnigs $F(z)$ échappe à cette représentation. On peut alors chercher à *approcher d'une fonction donnée*, holomorphe en α, par une somme finie (2) $\sum_0^n a_p R_p(z)$. Cela est possible pour la fonction $F(z)$ mais n'est possible que pour une catégorie limitée de fonctions. Par exemple si $R(z) = z^2$, on démontre aisément que la suite des Z^{2n} ne permet pas d'approcher de toute fonction holomorphe en 0 par $\sum_0^n a_n Z^{2n}$. La question est liée à celle des lacunes étudiées par MM. Hadamard, Borel, etc.

3. Tout ce qui vient d'être dit peut être facilement généralisé aux séries $\Sigma a_n R_n^p$, $\Sigma a_n \mathcal{F}(R_n)$, où $\mathcal{F}$ est une fonction rationnelle ou méromorphe, avec des précautions convenables. On peut signaler aussi les types

$$\Sigma a_{\alpha_1 \ldots \alpha_k} R_{\alpha_1} R_{\alpha_2} \ldots R_{\alpha_k}.$$

On recourra avec fruit aux séries images telles que celle qu'on a introduite pour $\Sigma a_n R_n$. Une autre extension est relative aux produits $\Pi(1 + a_n R_n^p)$ où les a_n sont encore des constantes et p un exposant entier.

Les divers types de séries qu'on vient de citer sont utiles pour l'étude d'équations fonctionnelles et notamment des équations linéaires

$$A_0 f(z) + A_1 f[R(z)] + \ldots + A_n f[R_n(z)] = \theta(z),$$

on y utilise naturellement les séries images.

4. L'étude des séries précédentes est particulièrement intéressante lorsqu'on essaie de *franchir les frontières du domaine de convergence* qui, en général, sont des coupures de Weierstrass. Bornons-nous ici aux fonctions

à cercle fondamental avec deux points attractifs α et β ($\alpha \neq 0$, $\beta \neq \infty$) symétriques par rapport au cercle et examinons seulement le type (1) $f(z) = \sum_0^\infty a_n R_n(z)$. Si un des points du cercle fondamental $|z| = 1$ est point singulier de $f(z)$, le cercle est une coupure de Weierstrass. La raison en est analogue à celle donnée pour les lacunes par M. Hadamard, dans le cas où $R(z) = z^d$. La série classique de Weierstrass rentre dans le type (1): c'est $\sum_0^\infty a^n z^{d^n}$ avec $|a| < 1$. D'une façon générale j'ai étudié, *en fonction de* z, la série $f(z) = \sum_0^\infty a^n R_n(z)$ $|a| < 1$. Elle vérifie une équation fonctionnelle linéaire simple; elle n'est pas prolongeable analytiquement au delà du cercle $|z| = 1$. Si a satisfait à une inégalité simple, $f(z)$ est, sur le cercle, *une fonction de l'arc sans dérivée, dont un cas particulier est l'exemple célèbre de Weierstrass.* [La condition est $|a| k > 1 + \frac{1}{A}$ où $|R'(z)| > k > 1$ sur le cercle et A est une constante convenable comprise entre 1 et $\frac{1}{\pi}$.]

Revenant à $\Sigma a_n R_n(z)$ elle *converge uniformément sur une infinité de cercles passant par* $\alpha\beta$, *traversant le cercle fondamental* en des points formant un ensemble de mesure $2\pi - \varepsilon$ aussi voisine de 2π qu'on voudra, à condition que $\sum \left| \frac{a_n}{q_1^n} \right|$ converge (q_1 est une constante < 1).

La difficulté principale est l'étude des dérivées $R_n^{(p)}$ *sur le cercle fondamental;* je l'ai résolue assez simplement et j'ai pu évaluer *une limite supérieure de* $R_n^{(p)}$ sur les droites ne passant par aucun pôle de R_n, et traversant le cercle aux points qui appartiennent à des cycles répulsifs de l'itération $[z|R(z)]$. Ces points sont partout denses sur le cercle. On trouve

$$|R_n^{(p)}(z)| < A(p!)(\sigma'_k)^{\nu(p+1)},$$

où k est l'ordre du cycle, $\sigma'_k = \sigma_k + \varepsilon$, σ_k multiplicateur du cycle et ν un entier défini par $k(\nu - 1) < n \leqq k\nu$; A est une constante.

Les pôles de R_n sont les antécédents d'ordre n de l'infini. Ils ont pour ensemble limite le cercle fondamental.

A l'extérieur du cercle, $f(z) = \Sigma a_n R_n(z)$ est une fonction méromorphe admettant pour pôles simples les antécédents de l'infini et pour coupure le cercle fondamental. [On suppose que l'infini n'est ni point double de $[z|R(z)]$, ni point critique d'aucune R_{-n}.]

Si les a_n décroissent assez vite, $\Sigma a_n R_n(z)$ représente à l'intérieur et à

l'extérieur une fonction *quasi analytique* de variable complexe qu'on peut prolonger de l'intérieur vers l'extérieur ou inversement d'une manière unique par des chemins passant par les points des cycles répulsifs de $[z|R(z)]$. Les conditions de décroissance des a_n s'expriment simplement par l'intermédiaire de la série image $\sum_0^\infty a_n z^n$ qui doit être une *fonction entière d'ordre nul* définie par la croissance de son module comme on le verra prochainement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les courbes de convergence des séries procédant suivant les inverses de polynomes donnés.* Note de M. N. **Abramesco**, transmise par M. Appell.

1. Les séries de polynomes

$$\sum \frac{A_n}{P_n(x)} \tag{1}$$

rencontrées par MM. Guillet et Aubert ([1]) ont été étudiées en premier lieu par M. Appell ([2]). Dans une Note antérieure, nous avons trouvé ([3]) les courbes de convergence des séries (1), quand les polynomes $P_n(x)$ vérifient une relation de récurrence de Poincaré.

Considérons maintenant une série (1) *de M. Appell, pour laquelle*

$$\overline{\lim}\sqrt[n]{|A_n|} = l, \qquad \overline{\lim}\sqrt[n]{|P_n(x)|} = |\rho(x)|.$$

Les courbes de convergence sont données par $|\rho(x)| = l$ *et la série est valable dans la région extérieure à cette courbe et extérieure à la courbe* (C) *où sont les racines des polynomes* $P_n(x)$.

En effet, supposons $|\rho(x)| > l$. On peut trouver l_1 et ρ_1, tels que

$$l < l_1 < \rho_1 < |\rho(x)|.$$

On a

$$|A_n| < l_1^n, \qquad |P_n(x)| > \rho_1^n, \qquad \left|\frac{A_n}{P_n(x)}\right| > \left(\frac{l_1}{\rho_1}\right)^n;$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 139, 204, 708, 820.

([2]) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 5, 1042; *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. 37, 1913, p. 345; *Bulletin de la Société mathématique de France*, t. 48, 1920, p. 1-8.

([3]) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 9e série, t. 1, 1922, p. 77-84.

donc la série est valable, car ses termes sont en valeur absolue plus petits que les termes d'une série convergente. Supposons, au contraire, $|\rho(x)| < l$. On peut trouver l_2 et ρ_2, tels que $|\rho(x)| < \rho_2 < l_2 < l$. On a

$$|A_n| > l_2^n, \qquad |P_n(x)| < \rho_2^n, \qquad \left|\frac{A_n}{P_n(x)}\right| > \left(\frac{l_2}{\rho_2}\right)^n,$$

et la série (1) diverge. Donc, la courbe de convergence de la série de M. Appell est donnée par $|\rho(x)| = l$, et la région où la série est valable est extérieure à cette courbe et extérieure à la courbe (C) où sont les racines des polynomes $P_n(x)$.

2. Comme application, considérons les polynomes de M. Faber [1], donnés par la fonction génératrice

$$\frac{-x + 2a_1 Z + \ldots + (n+1)a_n Z^n + \ldots}{a - xZ + a_1 Z^2 + \ldots + a_{n-1} Z^n + \ldots} = P_1(x) + Z P_2(x) + \ldots + Z^n P_{n+1}(x) + \ldots$$

$$(a \neq 0),$$

les quantités a_n étant telles que $\overline{\lim} \sqrt[n]{|a_n|} = r$, $\frac{1}{r} > l$. On a

$$\frac{-\frac{a}{Z^2} + \varphi'(Z)}{\frac{a}{Z} + \varphi(Z) - x} = -\frac{1}{Z} + P_1(x) + Z P_2(x) + \ldots,$$

$$\varphi(Z) = a_1 Z + \ldots + a_n Z^n + \ldots$$

étant holomorphe dans le cercle de rayon $\frac{1}{r}$. Posant

$$z = \frac{a}{Z} + \varphi(Z),$$

nous aurons le développement

$$(2) \qquad \frac{z'}{z - x} = -\frac{1}{Z} + P_1(x) + Z P_2(x) + \ldots,$$

valable pour les points x intérieurs à une certaine région de convergence.

Or, la série $P_1(x) + Z P_2(x) + \ldots$, ou $\Sigma Z^n P_n(x)$, a pour rayon de convergence $|Z| = \frac{1}{\overline{\lim} \sqrt[n]{|P_n(x)|}}$ et le développement (2) est valable seu-

---

(1) P. Montel, *Leçons sur les séries de polynomes à une variable complexe*, p. 76. — N. Abramesco, *Sur les séries de polynomes à une variable complexe. Séries de M. Faber* (*Bulletin de la Société des Sciences de Cluj, Roumanie*, t. 1, fasc. 1, 1921, p. 60).

lement pour les points x intérieurs à la courbe (Γ) obtenue par la tranformation

$$z = \frac{a}{Z} + \varphi(Z).$$

Donc [1]

$$\overline{\lim}\sqrt[n]{|P_n(x)|} = \frac{1}{|Z|},$$
$$x = \frac{a}{Z} + a_1 Z + \ldots + a_n Z^n + \ldots$$

et la courbe de convergence de la série de M. Appell, $\sum \frac{A_n}{P_n(x)}$, est donnée par

$$x = \frac{a}{Z} + a_1 Z + \ldots + a_n Z^n + \ldots, \qquad \frac{1}{|Z|} = l,$$

et la série est valable dans la région extérieure à cette courbe et extérieure à la courbe (c) où sont les racines des polynomes $P_n(x)$.

3. *Exemples.* — 1° Considérons les polynomes de Tchebischef, donnés par la fonction génératrice

$$\frac{2Z - 2x}{1 - 2xZ + Z^2} = \frac{\frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{Z^2}\right)}{\frac{1}{2}\left(Z + \frac{1}{Z}\right) - x} + \frac{1}{Z}, \quad P_n(x) = (x - \sqrt{x^2 - 1})^n + (x + \sqrt{x^2 - 1})^n.$$

Les courbes de convergence sont des ellipses

$$x = \frac{1}{2}\left(Z + \frac{1}{Z}\right), \qquad |Z| = \frac{1}{l}.$$

2° La fonction génératrice étant

$$\frac{Z - x\sqrt{1 + Z^2}}{1 + Z^2 - xZ\sqrt{1 + Z^2}} = \frac{1}{Z} + \frac{\frac{1}{\sqrt{1 + Z^2}} - \frac{1}{Z^2}\sqrt{1 + Z^2}}{\frac{\sqrt{1 + Z^2}}{Z} - x},$$

les courbes de convergence sont des ovales de Cassini.

4. Soient $P_n(x)$ les polynomes de Faber attachés à la transformation

$$z = \frac{a}{Z} + \varphi(Z). \tag{3}$$

---

[1] Voir aussi P. MONTEL, *Leçons sur les séries de polynomes à une variable complexe*, p. 82.

Étant donnée la série

(4) $$\sum A_n P_n(x) \sum \frac{B_n}{P_n(x)},$$

où

$$\overline{\lim} \sqrt[n]{|A_n|} = l, \qquad \overline{\lim} \sqrt[n]{|B_n|} = l', \qquad l < l' < \frac{1}{r},$$

soient (Γ) et (Γ') les courbes correspondant aux valeurs

$$|Z| = \frac{1}{l}, \qquad |Z| = \frac{1}{l'}$$

par la transformation (3). La série (4) est valable dans la région intérieure à la courbe (Γ), extérieure à la courbe (Γ'), et extérieure à la courbe (c) où sont les racines des polynomes $P_n(x)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème d'existence des solutions des équations intégro-différentielles linéaires aux dérivées partielles.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

1. Considérons, pour fixer les idées $\left(\text{en convenant que } \frac{\partial^0 \varphi}{\partial y^0} \equiv \varphi\right)$, l'équation intégro-différentielle linéaire aux dérivées partielles,

(1) $$\varphi(xyz) - f(xyz) = \int_{L_x}^{m} \sum_{q_i=0,\ s_i=0}^{q_i=q,\ s_i=s} K_{q_i s_i}(xyzt) \frac{\partial^{q_i+s_i} \varphi(tyz)}{\partial y^{q_i} \partial z^{s_i}}\, dt^m,$$

où $\varphi(xyz)$ est la fonction inconnue que nous cherchons et où les coefficients $f(xyz)$, $K_{q_i s_i}(xyzt)$ sont des fonctions analytiques données, qu'on suppose holomorphes quand les trois variables complexes indépendantes x, y, z, ne sortent pas de trois domaines D_x, D_y, D_z (bornés, complets, simplement connexés) et que la variable d'intégration t ne sort pas de D_x; le chemin d'intégration L_x sera constitué par une ligne rectifiable [de longueur finie $s(x)$] qui est tracée dans D_x depuis une origine fixe x_0 jusqu'au point variable x. Quant au symbole $\int_{L_x}^{m}$, il désigne une intégrale m-uple effectuée le long de L_x par rapport à t. Appelons $H[\varphi(tyz)]$ le second membre de (1).

Une *solution formelle* est évidemment fournie par la série $\sum_{n=0}^{+\infty} u_n(xyz)$ (que nous appellerons « développement synthétique à termes récurrents ») dont les termes $u_0(xyz)$ et $u_n(xyz)$ ont pour expression $f(xyz)$ et $H[u_{n-1}(tyz)]$ respectivement.

2. Pour déterminer un domaine de convergence de cette série, cherchons une limite supérieure du module $|u_n|$ par l'emploi de fonctions majorantes.

Soient C et Γ deux cercles quelconques tracés entièrement dans D_y et D_z; μ la borne supérieure de tous les modules $|K_{q_i s_i}(xyzt)|$ quand y et z sont dans C et Γ (x et t restant dans D_x). Soient aussi M la borne supérieure des $|K_{q_i s_i}(xyzt)|$ et α celle de $|f(xyzt)|$ quand y et z ne sortent pas de D_y, D_z (x et t restant toujours dans D_x). Désignons les plus courtes distances des points y et z aux cercles C et Γ par δ et ε.

Dans ces conditions, si N est le nombre des termes de la somme $\sum_{q_i s_i}$ de (1) et si $\alpha r \rho = a$, on peut prendre pour v_0 et v_n les quantités $\frac{a}{\delta\varepsilon}$ et

$$\frac{a\,(nq)!\,(ns)!}{(nm)!}\left[\frac{N\mu s^m(x)}{\delta^{q+1}\varepsilon^{s+1}}\right]^n.$$

Alors : 1° si $m > q+s$, l'équation est dite *normale* et la série Σv_n est *toujours* convergente. On en déduit (théorème A) *que la solution de* (1) *est holomorphe dans le même domaine que les coefficients de* (1) (sauf peut-être sur les frontières).

Nous retrouvons ainsi un résultat obtenu précédemment ([1]) par une autre méthode.

2° Si $m = q+s$, la série des modules $|u_n|$ est certainement convergente si l'arc $s(x)$ est $< m\left(\frac{\delta^{q+1}\varepsilon^{s+1}}{q^q s^s N\mu}\right)^{\frac{1}{m}} = \lambda(\delta, \varepsilon, \mu)$. Donc :

Théorème B. — *Si $m = q+s$, la solution de* (1) *est holomorphe quand y et z restent à l'intérieur de* C, Γ *et à une distance de ces cercles au moins égale à δ et ε, tandis que x reste dans la partie commune à D_x et au cercle $R(x_0, \lambda)$ de centre x_0 et de rayon $\lambda(\delta, \varepsilon, \mu)$. Cette solution peut être représentée dans ce triple domaine* (C, Γ, R) *par un développement synthétique unique.*

On peut *a fortiori* remplacer partout μ par M, $\lambda(\delta, \varepsilon, \mu)$ devenant $l = \lambda(\delta, \varepsilon, M)$. Or cette quantité l reste évidemment constante si les points y et z se déplacent de façon à pouvoir toujours être entourés de cercles C et Γ (appartenant à D_y et D_z) tels que les plus courtes distances de y et z à C et Γ conservent les mêmes valeurs δ et ε.

D'où cette proposition.

Théorème C. — *Si $m = q+s$, la solution de* (1) *est holomorphe quand y, z*

([1]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1094, et *Première Thèse*, 3 avril 1924. Voir *Journal de l'École Polytechnique*, 2e série, 24e cahier, 1924, p. 21.

restent dans D_y, D_z *à une distance des frontières de* D_y, D_z *au moins égale à* δ *et* ε *respectivement pourvu que* x *demeure dans la partie commune à* D_x *et au cercle* $R(x_0, l)$ *de centre* x_0 *et de rayon* l. *Elle est exprimable dans tout ce domaine par un seul et même développement synthétique* $\Sigma u_n(xyz)$.

Observons d'ailleurs qu'on pourrait en général obtenir un rayon de convergence plus étendu que l. Montrons-le sur un cas particulier qui est important par son application aux équations aux dérivées partielles et aux équations différentielles ordinaires :

3. *Cas particulier du premier ordre.* — C'est le cas où le second membre de l'équation (1) se réduit à

$$H(tyz) = \int_{L_x} \left[K_1(xyzt) \frac{\partial \varphi(tyz)}{\partial y} + K_2(xyzt) \frac{\partial \varphi(tyz)}{\partial z} \right] dt.$$

Si $\delta \leqq \varepsilon$, on aura ici

$$v_0 = \frac{a}{\delta \varepsilon}, \qquad v_n = \frac{(n+1) a M^n s^n(x)}{\delta^{n+1} \varepsilon}.$$

Le théorème C *pourra donc s'appliquer au premier ordre en prenant* $l = \frac{\delta}{M}$ *pour rayon de* R.

4. *Noyau résolvant.* — Même dans le cas où $m \doteq q + s$ le développement synthétique peut, grâce à l'emploi de la formule de Cauchy, prendre une forme condensée avec un noyau résolvant analogue à celle que nous avons indiquée pour le cas de $m > q + s$ (*Thèse*, p. 42). De même les généralisations du théorème de Fuchs [1] seraient valables ici au moins formellement.

Remarque. — Tout ce qui précède s'applique aux équations linéaires aux dérivées partielles et s'étendrait de soi-même à un système général de plusieurs équations linéaires différentielles ou intégro-différentielles renfermant autant de fonctions inconnues d'un nombre fini *quelconque* de variables.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une fonction entière d'ordre nul qui est solution d'une équation différentielle algébrique.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

Les fonctions entières qui sont solutions d'équations différentielles algébriques du premier ordre, d'équations linéaires à coefficients rationnels et d'une classe assez étendue d'équations algébriques d'ordre quelconque sont

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1778.

d'ordre fini non nul (¹), ce qui a conduit M. Pólya (²) à poser la question suivante : *Existe-t-il une fonction d'ordre nul qui soit solution d'une équation différentielle algébrique?* Les fonctions qui s'introduisent dans la théorie des fonctions elliptiques, ou plus simplement des fonctions invariantes par la substitution (z, zq^2), permettent de construire une fonction très simple qui montre que la réponse à cette question est affirmative. En partant de la fonction de Jacobi

$$S(z)=\sum_{-\infty}^{+\infty} q^{n^2} z^n = A\prod_0^\infty (1+zq^{2n+1})\left(1+\frac{q^{2n+1}}{z}\right) \qquad (|q|<1),$$

et en posant

$$Z(z)=z\frac{S'(z)}{S(z)}, \qquad p(z)=-zZ'(z),$$

on montre que $p(z)$ vérifie l'équation

$$z^2 p'^2 = 4(p+c)^3 - G_2(p+c) - G_3,$$

où c, G_2 et G_3 sont des fonctions de q. $S(z)$ est donc solution d'une équation différentielle algébrique du troisième ordre. Il suffit alors d'utiliser la propriété de réciprocité de $S(z)$; si l'on pose

$$z+\frac{1}{z}=u, \qquad S(z)=F(u)$$

$F(u)$ est une fonction entière d'ordre nul

$$F(u)=C'\prod_0^\infty\left(1+\frac{u\,q^{2n+1}}{1+q^{4n+2}}\right),$$

qui vérifie encore une équation différentielle algébrique du troisième ordre. On montre d'ailleurs aisément que les fonctions pour lesquelles

$$\frac{\log|f(z)|}{(\log|z|)^2}$$

reste borné ne peuvent vérifier une équation différentielle algébrique du second ordre.

(¹) Voir mon Mémoire : *Sur les fonctions entières qui vérifient une classe d'équations différentielles* (*Bulletin Soc. math.*, t. 51, 1923, p. 33-41).

(²) Voir le Mémoire : *Zur Untersuchung der Grössenordnung ganzer Funktionen, die einer Differentialgleichung genügen* (*Acta math.*, t. 42, 1919, p. 309-316).

ASTRONOMIE. — *Contribution à l'étude des phénomènes de la surface de la Lune.* Note de M. **Jarry-Desloges**, présentée par M. Bigourdan.

Les diamètres de certaines des petites auréoles claires entourant quelquefois les petits cratères lunaires, à l'instar de celle de Linné, ont été systématiquement mesurés à Sétif, en 1922, par M. G. Fournier de manière à mettre en relief des différences de diamètre, s'il s'en produisait au cours de la lunaison.

Ces recherches ont montré que certaines de ces petites auréoles claires varient grandement de dimensions vers le début ou la fin du jour lunaire, tandis que d'autres, d'apparence similaire, ne présentent aucun changement aux mêmes moments.

L'étude de ces variations de dimensions présente un vif intérêt, car il ne semble pas qu'on puisse les expliquer par une illusion d'optique, puisque des auréoles d'apparence similaire ne se comportent pas de la même façon au cours du jour lunaire.

D'un autre côté il est très probable que ces variations d'étendue ne suivent pas une marche identique dans tous les cas. De plus, il se pourrait qu'au cours des diverses lunaisons la marche des irrégularités d'étendue des auréoles ne soit pas toujours la même.

Seules de longues séries de mesures, que nous nous proposons de continuer, permettront de confirmer ces variations, dont l'importance primordiale serait évidente pour nos connaissances du sol lunaire.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Une loi nouvelle de l'électromagnétisme.* Note de MM. **Ferrier** et **L. Besnerais**, transmise par M. Paul Painlevé.

Nous avons établi qu'en admettant que deux particules électrisées exercent l'une sur l'autre des actions égales et opposées de grandeur $\frac{dW}{dr}$ avec

$$W = e^2 \frac{F(u, \ldots)}{r},$$

il est possible de concevoir l'existence d'un *éther électrique* (1) constitué uni-

(1) Le petit mouvement de contraction dont l'éther doit être animé pour être stable n'est pas sans analogie avec la courbure générale de l'espace, imaginée par M. Einstein. (R. F.)

quement de particules de même signe. Nous allons montrer que cette même formule permet d'interpréter, non seulement les phénomènes connus de l'électromagnétisme, mais encore certains faits encore inexpliqués, et mis en évidence par la radioactivité.

Énergie d'un ensemble de circuits. — Si la vitesse des électrons est u_1 sur l'un des circuits et u_2 sur l'autre (le segment de longueur r qui joint deux électrons quelconques faisant avec les directions de ces vitesses des angles θ_1 et θ_2) la vitesse relative est

$$u_1 \cos\theta_1 + u_2 \cos\theta_2.$$

En prenant pour $F(u)$ le développement (dont le premier terme est dû à Weber)

$$F(u) \equiv 1 - \frac{u^2}{2} + \ldots,$$

on voit que la variation d'énergie, correspondant à la mise en mouvement des électrons des circuits, sera

$$\Delta W = \sum \frac{1}{2} \frac{(u_1 \cos\theta_1 + u_2 \cos\theta_2)^2}{r} + \ldots,$$

la somme étant étendue à tous les électrons de l'univers. Or, le développement de ΔW donne des termes carrés en $u_1^2 \cos^2\theta_1$ et des termes rectangles en $u_1 u_2 \cos\theta_1 \cos\theta_2$. L'ensemble des premiers correspond à la somme des forces vives des électrons : chacun de ces termes représente en effet la variation d'énergie due à la mise en mouvement d'une particule *isolée*. Cette force vive d'ensemble $\sum \frac{1}{2} m v^2$ est négligeable si v est petit, car la masse m d'un électron est très petite.

La somme

$$\sum \frac{u_1 u_2 \cos\theta_1 \cos\theta_2}{r}$$

étendue aussi bien aux électrons d'un même circuit qu'à ceux de circuits différents se met sous la forme, selon un calcul indiqué par Poincaré,

$$\frac{i_1 i_2}{c^2} \int\int \frac{\cos\theta_1 \cos\theta_2}{r} ds_1 \, ds_2,$$

c désignant la vitesse prise comme unité dans le développement de $F(u)$. C'est la formule classique établie d'après l'observation des faits.

Induction. — Si les électrons ont une accélération relative, la force

exercée est

$$\frac{dW}{dr} = -\frac{e^2\left(1-\frac{u^2}{2}\ldots\right)}{r^2} - \frac{e^2\gamma}{r} + \ldots.$$

Considérons un courant fermé où les vitesses réelles des particules soient très petites. L'accélération de chacune est tangente au courant. Si l'on prend la *circulation* du champ électrique le long d'un autre contour fermé, on constate que le vecteur en $\frac{1}{r^2}$ donne, pour l'ensemble, une circulation nulle, et que le vecteur $\frac{e\gamma}{r}$ donne une circulation

$$e\sum\frac{(\gamma\cos\theta_1)(\cos\theta_2\, ds_2)}{r},$$

expression qui devient, si l'on met l'intensité en évidence,

$$\frac{1}{c^2}\frac{di}{dt}\int\int\frac{\cos\theta_1\cos\theta_2}{r}ds_1\, ds_2.$$

Il suffit de prendre pour c la valeur 3.10^{10} cm : sec pour que ces formules représentent les faits observés.

En se reportant aux théories classiques, on constate aisément que ces formules permettent d'établir toutes les propriétés attribuées au champ magnétique, à condition que les particules électriques en mouvement constituent un circuit fermé. C'est par cette restriction fondamentale que la théorie exposée ici diffère du système des équations de Maxwell.

Propagations des ondes planes. — Il est facile de voir qu'une onde plane se comporte comme un circuit quasi fermé. On trouve ainsi, en appelant Φ la force électrique, et ε le déplacement (parallèles à oz), pour les effets d'*induction :*

$$4\pi ne^2\frac{\partial^2\varepsilon}{\partial t^2} = -\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2},$$

avec la relation de *déformation* de l'Éther :

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2} = -4\pi ne^2\frac{\partial^2\varepsilon}{\partial x^2},$$

d'où l'on tire

$$\frac{\partial^2\varepsilon}{\partial t^2} = \frac{\partial^2\varepsilon}{\partial x^2}.$$

La vitesse de propagation est la vitesse unité $c = 3.10^{10}$ cm : sec, et la vibration est transversale.

Mouvement rectiligne d'un couple d'électrons dans l'éther. — Voici un exemple très simple qui montre à quel point la loi électromagnétique que nous proposons diffère de la théorie classique.

Soient deux électrons, à la distance r, placés dans l'éther, et animés d'un mouvement rectiligne sur la droite qui les joint.

L'énergie totale reste constante :

$$W = \frac{e^2\left(1 - \frac{u^2}{2}\ldots\right)}{r} + m\frac{u^2}{4}c^2 = \frac{e^2}{r_0},$$

r_0 désignant leur distance quand la vitesse s'annule.

On constate aisément que si

$$r_0 < \frac{2e^2}{mc^2} = 5.10^{-13}\ \text{cm},$$

ces électrons ne peuvent pas s'éloigner l'un de l'autre. Or cette distance est celle qui est assignée aux *nucléons*, dans la théorie de la radioactivité.

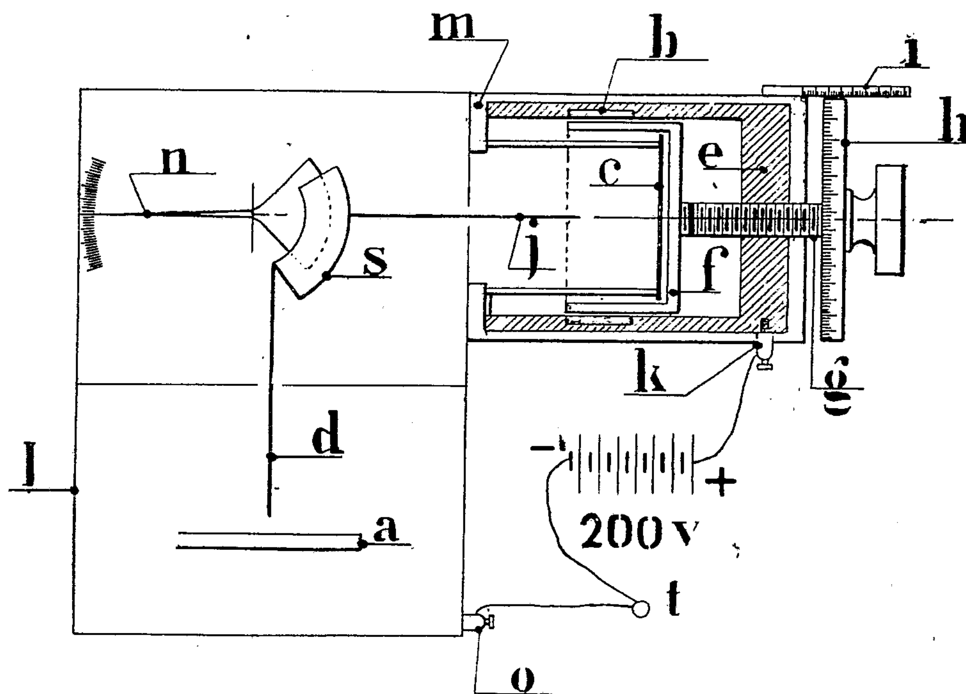
ÉLECTRICITÉ. — *Sur une méthode de comparaison permettant la mesure de courants extrêmement faibles.* Note de M. **B. Szilard**, présentée par M. Cotton.

Nous avons imaginé un nouveau procédé de mesure pour les courants d'ionisation très faibles. La méthode est fort simple et ne comporte pas de mesure de temps; les résultats ne dépendent ni du réglage de l'électromètre, ni de la fuite spontanée et ils atteignent une précision remarquable. On peut mettre en évidence des courants de l'ordre de 10^{-5} U.E.S. et mesurer avec des erreurs absolues de cet ordre des courants 10^5 fois plus intenses.

Principe. — Soit un double condensateur à air dont l'armature intérieure s est unique, tandis que l'armature extérieure est formée de deux parties a et b isolées l'une de l'autre : l'une b est reliée à l'un des pôles d'une batterie, l'autre a au sol. Si, au moyen d'une radiation ionisante, on rend l'air conducteur dans chacun des deux condensateurs ainsi associés, on constate qu'une fois l'équilibre atteint le potentiel de l'armature devient constant et que sa valeur dépend du rapport des quantités d'électricité qui ont traversé respectivement a et b. Si ces deux quantités sont égales entre elles, l'armature intérieure s arrive dans un état électrique *critique* caracté-

risé par le fait que son potentiel ([1]) *devient indépendant du potentiel appliqué à l'armature extérieure, indépendant aussi des intensités de radiation agissant à la fois sur les deux diélectriques et enfin de la durée de l'expérience.* Pour comparer alors les deux débits nous avons choisi la radiation du radioplomb métallique, fournissant un courant d'une intensité proportionnelle à sa surface. Cette dernière est facile à délimiter par des moyens mécaniques. Comme l'état *critique* apparaît nettement on peut ainsi définir des intensités de courant qui échapperaient à l'observation électrométrique proprement dite.

Exécution pratique. — Un de nos électromètres transportables, à très faible capacité ([2]), a son secteur isolé *s* muni d'un prolongement métallique *j* sortant de la



cage et aboutissant dans une petite chambre d'ionisation *c*; celle-ci possède une double paroi : l'une *e* est fixe, l'autre *f* mobile. La première porte un anneau composé d'une mince feuille de radio plomb *b*; la seconde *f* servant d'obturateur est solidaire d'une bonne vis micrométrique *g*. Une plaque métallique limite la course de *g* et

([1]) Si l'on reste dans les limites du courant de saturation.
([2]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1618 et 1695.

maintient à la fois constantes les dimensions de la chambre d'ionisation et la répartition du champ électrique. L'ensemble des pièces précédentes reliées électriquement entre elles est isolé de la cage l par une pièce d'ébonite m et peut être maintenu au potentiel choisi à l'aide d'une petite batterie de piles sèches k dont l'autre pôle t est relié à la terre. La vis micrométrique g commandant l'obturateur permet de régler à volonté le jeu des deux courants et le tambour micrométrique h fait connaître chaque instant la surface de b démasquée.

Mesures. — Une première application consiste à se servir de l'appareil comme d'un simple électromètre, *mais qui n'aurait pas de fuite spontanée.* Pour cela on commence par faire passer un courant par le *comparateur*, en dévissant peu à peu l'obturateur f jusqu'à ce que l'aiguille n devienne immobile. La fuite spontanée ayant été ainsi compensée on fait, sans avoir à en tenir compte, la mesure de déperdition de charge comme d'habitude.

Étalonnage. — Les divisions de h correspondant à la région centrale du ruban de radioplomb b peuvent être considérées comme équivalentes entre elles. Pour étalonner toute ou une partie de la graduation, on n'a qu'à étudier la vitesse de déviation de l'aiguille correspondant à chaque division successive du tambour. Pour connaître les valeurs absolues du courant il suffira de placer en a une lame de radioplomb métallique ayant 1^{cm^2} de superficie et $0^{mm},1$ d'épaisseur. Le courant fourni sera $\mathfrak{J} = 8.10^{-3}$ U. E. S.

Mesures au comparateur. — L'instrument ayant été étalonné et compensé pour la fuite spontanée, c'est la position prise alors par le tambour qui sera considérée comme zéro. En introduisant en a la substance à mesurer, on communique au secteur s un certain potentiel de même signe qu'en k; l'aiguille dévie, puis baisse peu à peu. On déplace ensuite la manette du tambour en dégageant b, jusqu'à ce que l'aiguille, visée par un microscope, s'immobilise sur une division *quelconque.* Au bout de plusieurs minutes on s'assure que la stabilité est restée permanente, et s'il en est ainsi on lit l'indication du tambour.

OPTIQUE. — *Sur la transparence des verres dans l'infrarouge.* Note de M. **François Liana**, présentée par M. A. Cotton.

Travaillant à l'Institut météorologique de Varsovie à l'étude de la répartition de l'énergie solaire dans les différentes parties du spectre, j'ai été chargé par M. Lad. Gorczinski de rechercher un verre susceptible de servir à la construction des pièces optiques des spectrographes destinés à l'étude de l'extrémité infrarouge du spectre solaire, c'est-à-dire particulièrement

transparent aux radiations de grande longueur d'onde. Dans ce but j'ai étudié 18 lames de flint et de crown qui ont été mises gracieusement à ma disposition par la verrerie scientifique Parra-Mantois. Les mesures ont été faites à l'Institut de Physique d'Utrecht avec le spectrographe infrarouge de M. Moll [1].

Tous les verres étudiés ont été trouvés pratiquement opaques sous une épaisseur de 15^{mm} aux radiations de longueur d'onde supérieure à $3^{\mu},2$. Mais il existe néanmoins des différences considérables dans la transmission de ces différents verres pour les longueurs d'ondes inférieures à $3^{\mu},2$. Le verre qui a été trouvé le meilleur à la fois comme transparence et comme dispersion est le flint D/262.

Voici quelques indications sur sa transparence : sous une épaisseur de $15^{mm},6$ il transmet environ 90 pour 100 des radiations de longueur d'onde inférieure à $2^{\mu},14$; la fraction de lumière transmise décroît lentement jusqu'à $2^{\mu},75$ où elle est encore de 74 pour 100, puis plus rapidement jusqu'à $3^{\mu},19$ où l'absorption est complète.

Ce verre est donc tout particulièrement à recommander pour le genre d'études qui nous occupe.

PHYSICO-CHIMIE. — *Le quotient de Trouton au zéro absolu de température.* Note de M. **Nicolas Perrakis**, présentée par M. Albin Haller.

La loi de Trouton, d'après laquelle le quotient de la chaleur moléculaire de vaporisation L à la température absolue d'ébullition (sous la pression normale) T est constant, a reçu depuis sa découverte plus d'une modification.

L'étude des gaz rares a montré que le quotient $\frac{L}{T}$ n'était pas constant, comme le voulait Trouton, mais qu'il variait suivant une fonction de la température, dont l'allure a été étudiée d'une façon empirique par plusieurs savants, notamment par M. R. de Forcrand [2].

Ce quotient, à peu près constant — égal à 21 environ — dans le domaine des températures moyennes, baisse rapidement lorsque la température décroît progressivement.

---

(1) W. J. H. Moll, *Thèse de Doctorat*. Utrecht, 1907.

(2) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1648.

Je me propose de chercher la *limite* vers laquelle tend

$$\frac{L}{T} = \Phi[T]$$

lorsque T tend vers zéro.

Je rappellerai que ce rapport a les *dimensions* d'une entropie, *c'est l'entropie au point d'ébullition.*

Cherchons la limite de l'expression de Clausius

$$dS = \frac{dQ}{T} = \frac{dQ}{dT}\frac{dT}{T}, \tag{1}$$

où dS, $\frac{dQ}{dT}$ et $\frac{dT}{T}$ représentent respectivement la variation élémentaire d'entropie, la chaleur spécifique et le rendement d'un cycle de Carnot réversible limité par les températures $T_1 = T = T_2 + dT$.

A la limite, c'est-à-dire pour $T_2 = 0$, $T = dT$, le rendement $\frac{dT}{T}$ tend vers l'unité et l'équation (1) devient

$$\lim dS = \lim \frac{dQ}{dT}.$$

Nous voyons par conséquent que *la limite vers laquelle tend l'entropie, lorsque la température tend vers zéro, se confond avec celle des chaleurs spécifiques des gaz* qu'un calcul dernièrement publié [1], en accord avec des résultats expérimentaux de date relativement récente, a montrée égale à $\frac{3}{2}R$, capacité calorifique à volume constant des gaz monoatomiques.

Donc on pourra écrire

$$\lim \int \frac{dQ}{T} = \lim \frac{L}{T} = S_0 = \frac{3}{2}R = 2{,}98\,\frac{\text{cal.}}{\text{deg.}}.$$

Il semble donc que le quotient de Trouton tende vers une limite finie quand T tend vers zéro. D'ailleurs, il varie en fonction de la température suivant une loi de probabilité représentée d'une façon générale, et notamment aux basses températures, par l'équation

$$\frac{L}{T} = S = \Phi(T) = S_0 e^{aT^m}.$$

---

[1] NICOLAS PERRAKIS, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 562.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Théorie de la fluorescence polarisée (Influence de la viscosité)*. Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

La lumière émise par une solution fluorescente est en général partiellement polarisée ([1]). Cette polarisation, très petite pour les solutions aqueuses, devient importante dans les solvants plus visqueux.

Ce phénomène se comprend si les molécules du corps fluorescent se comportent comme des oscillateurs électriques qui, suivant leurs orientations, absorbent plus ou moins la lumière excitatrice, de sorte que les molécules excitées doivent avoir des orientations distribuées autour d'une direction privilégiée. Dans un milieu très visqueux, ces oscillateurs réémettront des ondes sphériques polarisées sans avoir changé d'orientation, et la lumière de fluorescence sera par suite partiellement polarisée. Si la viscosité diminue, les molécules tourneront en moyenne de plus en plus entre l'instant d'absorption et l'instant d'émission, et le taux de polarisation diminuera.

Nous admettrons que la partie active de la molécule fluorescente est un oscillateur circulaire (orbite électronique). La solution sera supposée éclairée par un faisceau de lumière polarisée de direction Oy ayant son vecteur électrique dirigé suivant Oz. La fluorescence sera observée dans une direction Ox perpendiculaire à Oz. Nous désignerons par ON_0 et ON_1 les directions de la normale au plan d'un oscillateur à l'instant où il absorbe et à l'instant de l'observation, et nous poserons

$$\theta_0 = (Oz, ON_0), \qquad \omega = (ON_0, ON_1), \qquad \theta_1 = (Oz, ON_1),$$
$$\varphi_0 = (xOz, N_0Oz), \qquad \lambda = (zON_0, N_1ON_0), \qquad \varphi_1 = (xOz, N_1Oz).$$

Ces angles sont liés par la relation

$$\cos\theta_1 = \cos\theta_0 \cos\omega + \sin\theta_0 \sin\omega \cos\lambda. \tag{1}$$

Probabilité d'absorption. — En électromagnétisme classique l'amplitude communiquée à l'oscillateur serait proportionnelle à la projection sur son plan du vecteur électrique de l'onde incidente, donc à $\sin\theta_0$. La probabilité d'absorption d'un quantum doit donc être proportionnelle à $\sin^2\theta_0$.

Probabilité d'une rotation donnée. — Soit $f(\omega, t)\,d\Omega$ la probabilité pour que, à l'instant t, la normale à l'oscillateur soit venue, par mouvement brownien de rotation, dans un cône $d\Omega$ faisant avec la direction initiale ON_0

([1]) F. Weigert, *Verh. d. D. Phys. Ges.*, t. 23, 1920, p. 100.

un angle ω. On a

$$(2) \qquad 2\pi\int_0^\pi f(\omega,\, t)\sin\omega\, d\omega = 1$$

et l'on montre facilement que la fonction f satisfait en outre à l'équation aux dérivées partielles

$$(3) \qquad \frac{\partial^2 f}{\partial\omega^2} + \frac{\cos\omega}{\sin\omega}\frac{\partial f}{\partial\omega} = \frac{1}{\mathcal{R}}\frac{\partial f}{\partial t}$$

avec (Einstein)

$$\mathcal{R} = \frac{1}{2}\frac{RT}{N}\frac{1}{4\pi r^3\eta},$$

η étant la viscosité du solvant, r le rayon des molécules fluorescentes, et N le nombre d'Avogadro.

Polarisation de l'onde émise. — L'oscillateur circulaire ayant sa normale dirigée suivant ON_1 émet dans la direction Ox une lumière elliptique dont les composantes suivant Oy et Oz ont des intensités $\mathfrak{J}_y$ et $\mathfrak{J}_z$ proportionnelles à $(1 - \sin^2\theta_1 \sin^2\varphi_1)$ et $\sin^2\theta_1$.

Vie moyenne dans l'état critique. — Dans la théorie classique, chaque molécule excitée émettrait une onde exponentiellement amortie

$$\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

Cette formule reste en moyenne valable si les molécules émettent une onde d'intensité constante tant qu'elles sont dans l'état critique, le retour à l'état normal étant un phénomène de hasard se produisant en moyenne au bout d'un temps τ (Bohr), ou si un quantum est émis tout entier à l'instant du retour à l'état normal.

Taux de polarisation de la fluorescence. — La lumière émise à un certain instant par un grand nombre de molécules fluorescentes peut être considérée comme la superposition de deux lumières indépendantes polarisées rectilignement suivant Oy et Oz, et ayant des intensités I_y et I_z. Ces intensités s'obtiendront en faisant la somme des intensités $\mathfrak{J}_y$ et $\mathfrak{J}_z$ relatives aux ondes émises indépendamment par les molécules excitées, en tenant compte des probabilités d'orientation initiale, d'absorption, de rotation et d'émission, et en intégrant par rapport au temps de zéro à l'infini. On trouve ainsi, A désignant un facteur de proportionnalité :

$$I_y = A\int_0^\infty\int_0^\pi\int_0^{2\pi}\int_0^\pi\int_0^{2\pi} \sin^2\theta_0 f(\omega,t)\, e^{-\frac{t}{\tau}}(1 - \sin^2\theta_1\sin^2\varphi_1)\sin\omega\sin\theta_0\frac{dt}{\tau}d\omega\, d\lambda\, d\theta_0\, d\varphi_0,$$

$$I_z = A\int_0^\infty\int_0^\pi\int_0^{2\pi}\int_0^\pi\int_0^{2\pi} \sin^2\theta_0 f(\omega,t)\, e^{-\frac{t}{\tau}}\sin^2\theta_1\sin\omega\sin\theta_0\frac{dt}{\tau}d\omega\, d\lambda\, d\theta_0\, d\varphi_0.$$

Ces intégrales se calculent en utilisant les formules (1), (2) et (3) et en faisant des intégrations par parties. On trouve finalement

$$I_y = A\frac{8\pi}{15}\frac{3+20\mathcal{R}\tau}{1+6\mathcal{R}\tau}, \qquad I_z = A\frac{32\pi}{15}\frac{1+5\mathcal{R}\tau}{1+6\mathcal{R}\tau}.$$

Le taux de polarisation a donc pour valeur

$$\rho = \frac{I_z - I_y}{I_z} = \frac{1}{4}\frac{1}{1+5\mathcal{R}\tau}$$

ou

$$(4) \qquad \rho = \frac{1}{4}\frac{\eta}{\eta+s} \qquad \text{avec} \qquad s = \frac{5}{8\pi}\frac{RT}{N}\frac{\tau}{r^3}.$$

Dans le cas d'un oscillateur circulaire, le taux de polarisation doit donc être une fonction homographique de la viscosité croissant de o à $\frac{1}{4}$ quand la viscosité croît de zéro à l'infini.

Cette théorie est en excellent accord avec de récentes mesures de W.-L. Lewschin (¹) sur l'érythrosine et le rose bengale en solution dans différents monoalcools. Le tableau suivant donne comme exemple les nombres relatifs à l'érythrosine (température 17°,5) :

η.	0,006.	0,012.	0,024.	0,042.
ρ calculé (s = 0,0172)....	0,065	0,103	0,146	0,177
ρ observé...............	0,065	0,104	0,144	0,176

Cependant pour les solutions dans la glycérine, le taux de polarisation dépasse fortement la limite $\frac{1}{4}$. On peut admettre que de tels solvants modifient les oscillateurs, et les rendent plus ou moins elliptiques. On peut en effet démontrer que la valeur limite du taux de polarisation croît de $\frac{1}{4}$ à $\frac{2}{3}$ quand on passe d'un oscillateur circulaire à un oscillateur rectiligne.

La valeur de la constante s déduite des mesures permet d'évaluer la vie moyenne τ; on trouve des temps de l'ordre de 10^{-9} seconde. Ceci montre en particulier que les phosphorescences de l'ordre du centième de seconde que j'ai (²) observées dans les solutions glycériques sont un phénomène accessoire nettement distinct de la fluorescence.

(¹) W.-L. Lewschin, *Zeit. f. Phys.*, t. 26, 1924, p. 274.
(²) F. Perrin, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2252.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure spectrophotométrique du* P_H. Note de M. **Fred Vlès**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans des recherches antérieures ([1]) nous avions utilisé le spectrophotomètre pour la mesure du P_H au moyen d'indicateurs, avec construction empirique de courbes reliant l'absorption de la bande de l'indicateur au P_H de tampons étalonnés par d'autres méthodes. Pareil étalonnage empirique a été employé ensuite par Brode ([2]) et par Holmes ([3]) dans leurs mesures spectrophotométriques du P_H. L'inconvénient pratique de telles méthodes est que l'absorption de l'indicateur, colog $\frac{I}{I_0}$, est une fonction de deux variables indépendantes (le P_H, et la concentration de l'indicateur introduit dans un volume donné de solution), de sorte qu'il faut construire un jeu d'abaques toutes les fois que les conditions expérimentales sont sujettes à s'écarter de l'opération stantard d'étalonnage. L'introduction du « *degré de tautomérisation* », telle que nous l'avions faite, n'atténue que partiellement la difficulté. On pouvait se demander si les techniques spectrophotométriques n'étaient pas susceptibles de fournir des renseignements plus directs; nous avons cherché si une relation d'application pratique simple ne pouvait pas être établie entre les rapports des absorptions des divers composants spectraux d'un indicateur, et l'équilibre de ceux-ci en fonction du P_H.

I. Soit un indicateur de concentration C, constitué à un certain moment par deux composants spectraux tautomères de concentrations $c_1 + c_2 = C$, et de constantes d'absorption pour deux longueurs d'ondes différentes k_1 et k'_1 (forme alcaline), k_2 et k'_2 (forme acide). On a, sur les longueurs d'ondes λ_1 et λ_2 et pour l'épaisseur l, les absorptions :

$$\operatorname{colog}\left(\frac{I}{I_0}\right)_{\lambda_1} = (k_1 c_1 + k_2 c_2)\, l \qquad \text{et} \qquad \operatorname{colog}\left(\frac{I}{I_0}\right)_{\lambda_2} = (k'_1 c_1 + k'_2 c_2)\, l.$$

II. En prenant d'autre part l'équilibre de dissociation de l'indicateur en fonction des ions H^+ tel qu'il serait donné en première approximation à partir du calcul classique de l'équilibre entre un acide faible et son sel,

([1]) F. Vlès, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 543.

([2]) Brode, *The determination of* H *ion concentration by a spectrophotometric method* (*J. Amer. Chem. Soc.*, t. 46, 1924, p. 581).

([3]) Holmes, *The spectrophotometric determination of* H *ion concentration* (*Ibid.*, t. 46, 1924, p. 627.

on a, si K est la constante de dissociation apparente [1] de l'indicateur : $c_1 = \frac{KC - H^2}{H + K}$, d'où il vient :

$$(I) \qquad \varphi = \frac{\operatorname{colog}(\lambda_1)}{\operatorname{colog}(\lambda_2)} = \frac{k_1 K + k_2 H + H^2 \frac{k_2 - k_1}{C}}{k'_1 K + k'_2 H + H^2 \frac{k'_2 - k'_1}{C}}.$$

Dans les P_H qui ne sont pas extrêmement bas, les termes en H^2 deviennent pratiquement négligeables, de sorte qu'il reste en première approximation :

$$(II) \qquad H = K \frac{k_1 - \varphi k'_1}{\varphi k'_2 - k_2}.$$

Les ions H^+ *pourraient donc dans ces conditions être obtenus en fonction du rapport des absorptions* φ *et indépendamment de la concentration de l'indicateur* [2], *sans étalonnage empirique préalable.*

Nous avons essayé sur divers indicateurs le degré d'application pratique de la formule (II), en comparant au calcul des mesures faites dans des tampons étalonnés. Les courbes expérimentales $\varphi = f(P_H)$ se sont montrées de deux catégories : 1° les unes (indicateurs normaux) ont présenté une allure régulière, avec une dérivée toujours de même signe pour un indicateur donné. Avec certains produits, la courbe expérimentale a suivi sensiblement la courbe calculée; avec d'autres il a existé entre elles un très léger décalage, nul sur la constante P_K, progressif vers les extrémités; cet écart, qui pourrait d'ailleurs peut-être relever d'erreurs systématiques sur une constante, peut en tout cas être facilement éliminé par un terme de correction empirique qui permet l'usage pratique du calcul; 2° d'autres indicateurs (indicateurs anormaux) ont présenté des anomalies, la courbe expérimentale $\varphi = f(P_H)$, ayant des boucles dans lesquelles la dérivée change de signe.

Ces indicateurs ont cependant cadré avec la formule, dans les mêmes conditions que les indicateurs normaux, en dehors de la région des anomalies. Celles-ci paraissent liées à l'existence d'un troisième constituant spectral dont le calcul ne tient pas compte.

1° *Exemples d'indicateurs normaux.* — *Cresol-red* de Clark (*o*-crésolsulfone-phtaléine). — L'accord entre les courbes calculée et réelle s'est fait,

---

(1) Définie par le demi-virage, correction de salinité éventuellement faite.

(2) Tant que φ est lui-même indépendant de cette concentration, par conséquent au-dessus d'une certaine concentration limite.

pour l'échantillon examiné, avec une approximation de la seconde décimale du P_H. Les constantes d'absorption ont été déterminées à P_H 12 et P_H 4, pour λ 582 (bande du composant violet) et λ 493 (flanc de la bande du composant jaune) :

$k_1 = 2{,}62.10^5$; $k_2 = 0$; $k'_1 = 0{,}474.10^5$; $k'_2 = 0{,}302.10^5$ (gr : cm³); K = 8,30.

P_H du tampon..	7,36	7,80	8,08	8,20	8,31	8,68	9,24
P_H calculé.....	7,38	7,82	8,03	8,26	8,36	8,60	9,31
Δ........	+0,02	+0,02	+0,05	+0,06	+0,05	−0,08	+0,07

La concentration de l'indicateur était pratiquement indépendante de φ au-dessus de 7.10^{-6} gr : cm³ (jusqu'au moins 15.10^{-6}).

Brom-thymol-blue de Clark (tétra-bromo-phénol-sulfone-phtaléine). — Constantes déterminées dans P_H 9 et P_H 2, pour λ 595 et 493 :

$k_1 = 892{,}5.10^3$; $k_2 = 0$; $k'_1 = 75{,}0.10^3$; $k'_2 = 105.10^3$;
K, inclus erreur saline = 3,80.

Assez bon accord, avec léger décalage systématique aux deux bouts de la courbe, inférieur à 0,1 P_H; sa correction empirique est donnée par

$$P_H \text{ réel} = P_H \text{ calculé} - a\left(\log\frac{1}{K} - P_H \text{ calculé}\right)$$

avec a très petit (0,07).

2° *Exemples d'indicateurs anormaux.* — Le *Crystal-violet* (violet hexaméthylé) a montré d'une façon nette une anomalie due à l'intervention d'un troisième terme : on sait qu'entre P_H 3 et P_H 1 la forme violette (bande λ 592) se transforme en forme verte (λ 632), et que celle-ci se détruit progressivement pour donner un composant jaunâtre; il y a donc pour une région erreur systématique sur l'estimation des constantes de la forme verte. Le rapport φ pour $\frac{\lambda 632}{\lambda 590}$ donne vers P_H 1,3 une anomalie en boucle d'allure caractéristique, qu'on peut regarder comme le raccord des divers équilibres. Dans le cas particulier du crystal-violet, la décoloration des solutions vertes est une lente fonction du temps, de sorte que les mesures initiales ou tardives ne donnent pas les mêmes valeurs, quoique l'anomalie se conserve. L'accord de la courbe expérimentale avec le calcul se fait convenablement pour une branche de la courbe, dans les P_H supérieurs à $\log\frac{1}{K}$.

Une courbe à anomalie est présentée aussi par le *rouge méthyle* (*o*-), qui possède également trois composants spectraux [anomalie entre P_H 1 et P_H 4, calcul d'après les données de Thiel, Dassler et Wülfken ([1])].

([1]) Thiel, Dassler et Wülfken, *Fort. d. chem. Phys. und physik. Chem.*, 1924, t. 18, f. 3, p. 1-120.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la sensibilité des actinomètres à électrodes de mercure.* Note de M. G. **Athanasiu**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note antérieure [1], j'ai montré qu'on peut construire des actinomètres électrochimiques à électrodes de mercure halogénées ou sulfurées. Le travail présent contient l'étude de la sensibilité de ces appareils pour des radiations du spectre visible et *ultraviolet*, entre 5790 et 2500 Å.

Appareils et méthode de mesure. — La préparation des électrodes sensibles a été faite comme on l'a indiqué antérieurement. L'électrolyte des actinomètres était toujours l'acide sulfurique dilué (10 pour 100). Cette solution présente l'avantage d'être parfaitement transparente dans toute la région des longueurs d'onde utilisées depuis 5790 Å jusqu'à 2500 Å. Les forces électromotrices des actinomètres étaient mesurées par une méthode de zéro. Enfin l'énergie des radiations agissantes (arc au mercure) a été déterminée directement à l'aide d'une pile thermo-électrique comme je l'ai indiqué dans un travail précédent [2]. Pour éclairer les actinomètres le séparateur de radiations a été complété par une lentille à court foyer et un prisme à réflexion totale en quartz qui faisaient suite à la fente séparatrice et à l'aide desquels la lumière monochromatique était envoyée verticalement dans les actinomètres.

Je me suis d'abord assuré que pour des éclairements aussi faibles que ceux employés dans ce travail, les courants donnés par les actinomètres sont sensiblement proportionnels à l'intensité de la lumière.

Résultats. — Avec ce dispositif expérimental j'ai obtenu les résultats consignés dans les tableaux I, II et III où l'on a désigné par : $\lambda =$ la longueur d'onde, $I =$ l'énergie des radiations rapportée à l'énergie de la raie verte du mercure, $e =$ la force électromotrice (en 10^{-4} volt) produite pour une minute d'éclairement et $s = \frac{e}{I}$ la sensibilité de l'actinomètre.

Le régime choisi pour l'arc au mercure était de 60 volts $\times$ 3,75 ampères.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 214.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 561.

TABLEAU I.

λ.	I.	Iodure mercureux. $e \times 10^{-4}$ volts.	$s = \frac{e}{I}$.	Bromure mercureux. $e \times 10^{-4}$ volts.	$s = \frac{e}{I}$.
5460.........	1,00	0	0	0	0
4916.........	(0,05)	1,0	(20,0)	0	0
4358.........	0,89	31,5	35,0	0	0
4046.........	0,51	19,6	39,2	2,45	4,9
3660.........	1,20	42,0	35,0	9,8	8,1
3130.........	0,80	24,5	30,1	33,6	42,0
3025.........	0,38	11,2	25,4	17,5	44,9
2967.........	0,18	—	—	9,1	50,5
2652.........	0,19	6,3	32,9	8,4	44,1
2536.........	0,20	5,6	28,0	7,0	35,0

TABLEAU II.

Chlorure mercureux.

λ Angstroms.	I.	$e \times 10^{-4}$ volts.	$s = \frac{e}{I}$.
3660.....	1,20	0	0
3130.....	0,80	1,4	1,75
2967.....	0,18	1,4	7,8
2652.....	0,19	5,18	27,2
2536.....	0,20	7,7	38,5
2482.....	?	3,85	?

TABLEAU III.

Sulfure de mercure.

λ Angstroms.	I.	$e \times 10^{-4}$ volts.	$s = \frac{e}{I}$.
5460.....	1,00	—0,52	0,5
4358.....	0,89	—2,8	3,1
4046.....	0,51	—1,96	3,8
3660.....	1,20	—4,0	3,3
3130.....	0,80	—2,31	2,9

Des tableaux I et II il résulte que le maximum de sensibilité de l'actinomètre se déplace vers les grandes longueurs d'onde quand le poids atomique de l'halogène entrant dans la constitution de la couche sensible croît.

La sensibilité de l'actinomètre à l'iodure mercureux présente un maximum vers 4046 Å. et paraît en présenter un autre moins accusé vers 3000 Å.

L'actinomètre au bromure mercureux ne donne un courant mesurable qu'à partir de 4046 Å. Il présente un maximum très net pour 2967 Å.

Enfin l'actinomètre au chlorure mercureux commence à être sensible un peu avant 3130 Å. et présente un maximum pour 2536 Å. ou pour une longueur d'onde encore plus courte.

Le chlorure et le bromure mercureux ne sont donc sensibles que pour des radiations ultraviolettes, ce que j'avais déjà constaté en préparant avec ces substances des plaques photographiques (1).

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1389.

Quant à l'actinomètre à électrodes de mercure sulfurées (Tableau III), il donne, quand il est éclairé, des forces électromotrices beaucoup plus faibles *et de signe contraire* à celles observées sur les électrodes de mercure halogénées. Le maximum de sensibilité semble se produire pour 4046 Å.

Fluorescence du chlorure et du bromure mercureux. — Les radiations ultraviolettes reconnues comme agissantes sur les actinomètres à chlorure et à bromure mercureux rendent ces substances fluorescentes. La lumière de fluorescence *rose orangé* est nettement visible pour les radiations les plus intenses de l'arc au mercure : on peut la provoquer facilement avec les radiations 3660 et 3130 pour le bromure et avec 3130 et 3025 pour le chlorure. Ces substances employées seules (à l'état sec ou humide), ou sous forme de couches sensibles dans les actinomètres électrochimiques, ou enfin incorporées à la gélatine dans les plaques photographiques, montrent toujours l'effet signalé. Le bromure et le chlorure mercuriques, par contre, ne paraissent pas fluorescents.

Il serait possible de relier le phénomène de fluorescence à celui de la sensibilité à la lumière du bromure et du chlorure mercureux, en admettant que l'état stable de ces substances est modifié par la lumière ultraviolette et que le passage d'un état stable à un autre se fait avec émission de radiations de plus grande longueur d'onde que celle de la lumière excitatrice. On serait ici dans le cas doublement favorable où les radiations émises par la substance qui se transforme sont à la fois assez intenses et d'une longueur d'onde convenable pour que le phénomène soit visible.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés de la méthyl-7-isatine.*

Note de MM. **A. Wahl** et **Th. Faivret**, présentée par M. A. Haller.

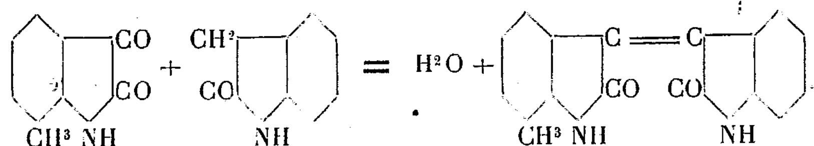
Dans le but de généraliser les réactions de l'isatine, observées par l'un de nous avec plusieurs collaborateurs [1], nous avons entrepris l'étude des réactions correspondantes de la méthyl-7-isatine que nous avons préparée d'après la méthode de Sandmeyer [2].

La méthyl-7-isatine réagit avec l'oxindol comme l'isatine; ainsi, en chauffant les deux composés, en proportions moléculaires au sein d'acide acé-

(1) A. Wahl et P. Boggard, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 132 et 714; t. 161, 1915, p. 898 et 1382. — A. Wahl et Hausen, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1070; t. 178, 1924, p. 214 et 394.

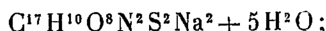
(2) Sandmeyer, *Helvetica Chim. Acta*, t. 2, 1919, p. 243.

tique légèrement chlorhydrique, la solution se colore et laisse déposer un précipité rouge brun. Cristallisé dans le mélange de pyridine et d'alcool, il forme de petits cristaux bruns, brillants, dont la composition et les propriétés sont celles de la *méthyl-7-isoindigotine* formée d'après



Chauffée en solution acétique, avec de la poudre de zinc, la méthyl-7-isoindigotine se décolore et donne un composé cristallisé en aiguilles blanches fondant aux environs de 310-315°, et possédant la composition de la *leucométhyl-7-isoindigotine* $C^{17}H^{14}O^2N^2$. Ce corps est soluble dans les alcalis caustiques étendus, et la solution incolore se couvre à l'air d'une pellicule rouge du colorant primitif.

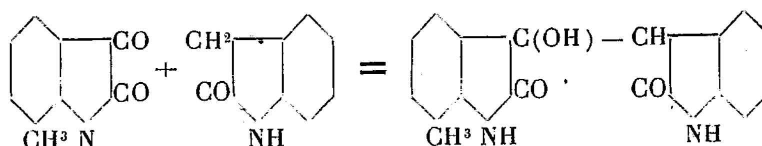
La méthyl-7-isoindigotine se dissout à froid dans l'acide sulfurique concentré, qu'elle colore en rouge; à chaud, il se produit une sulfonation. La solution sulfurique étendue d'eau précipite alors, par addition de chlorure de sodium, un sel sodique qui, cristallisé dans l'eau, forme des cristaux rouge brun du *méthyl-7-isoindigotine disulfonate de sodium*



$$C^{17}H^{10}O^8N^2S^2Na^2 + 5H^2O;$$

le *sel de potassium* cristallise avec $3H^2O$ et, par double décomposition, ils fournissent le *sel de baryum* avec $6H^2O$ et le *sel d'argent* avec $\frac{1}{2}H^2O$. Le sel de sodium teint la laine en nuance orangé, plus jaunâtre que celle de l'isoindigotine non méthylée.

Si l'on fait réagir la méthyl-7-isatine sur l'oxindol, en milieu alcoolique, en présence de pipéridine, il se forme un composé incolore, peu soluble, dont la composition est celle du *méthyl-7-isatane* qui a pris naissance par addition des substances réagissantes :

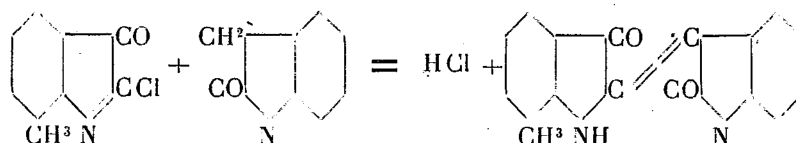


Comme l'isatane, le méthyl-7-isatane se déshydrate sous l'influence de la chaleur ou de l'acide sulfurique pour donner le méthyl-7-isoindigo; projeté sur le mercure chaud, il fond vers 259° en se colorant.

Désirant préparer la diméthyl-7.7'-isoindigotine, nous avons utilisé la méthode qui a permis à Laurent d'isoler l'indine. Dans ce but, nous avons d'abord transformé la méthyl-7-isatine en diméthyl-disulfisatide en la traitant par l'hydrogène sulfuré, en milieu alcoolique. Il se forme un précipité peu coloré, qui, débarrassé du soufre par épuisement avec du sulfure de carbone, n'a pu être cristallisé par suite de sa faible solubilité. Bien que la teneur en soufre corresponde à celle de la diméthyl-7.7'-disulfisatide (S pour 100 : trouvé 17,83; calculé, 18,00), le produit ne paraît pas homogène. Traité par la soude caustique ou le carbonate de soude, chaud, il fournit un composé rouge, qui renferme la diméthyl-isoindigotine cherchée. Celle-ci n'a pu être isolée, car elle est insoluble dans tous les dissolvants. Mais nous avons pu démontrer sa présence en sulfonant le produit brut et en isolant les sels cristallisés de l'acide disulfonique. Le diméthyl-7.7'-*isoindigotine disulfonate de sodium* cristallise avec $6H^2O$, le *sel de potassium* avec $4H^2O$, le *sel de baryum* avec $4H^2O$ et le *sel d'argent* avec $5H^2O$.

Le sel de sodium teint la laine en nuance orange légèrement plus jaunâtre que celle du dérivé monométhylé.

Enfin nous avons fait agir le chlorure de la méthyl-7-isatine sur l'oxindol en milieu benzénique dans les conditions qui ont servi à l'un de nous à réaliser la synthèse de l'indirubine. La solution violette dépose sur les parois du vase un produit solide duquel on isole la méthylindirubine par épuisement avec de la benzine, puis avec de l'alcool méthylique. Finalement, le colorant est purifié par sublimation dans le vide : il forme alors des aiguilles brunes à reflets cuivrés, présentant les caractères qu'on peut attendre de la *méthyl-7-indirubine* formée suivant :



Ce colorant a déjà été obtenu en condensant le méthyl-7-indoxyle avec l'isatine, mais n'a pas été décrit davantage, car il a servi à préparer directement le dérivé bromé qui constitue le violet helindone D utilisé comme colorant de cuve (¹).

(¹) Farbwerke de Hœchst, brevet français n° 42096 du 4 octobre 1910.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Types morphologiques des terrains calcaires. Le Holokarst.* Note de M. **Jovan Cvijic**, présentée par M. Pierre Termier.

La notion du karst est déduite surtout de l'étude du karst dinarique. Mais elle ne saurait être complètement appliquée à tous les pays calcaires. Depuis longtemps on a attiré l'attention sur les différences morphologiques et hydrographiques des divers compartiments du karst dinarique, lui-même. A plus forte raison a-t-on pu noter de nombreux contrastes avec les autres régions de la terre formées de calcaire marneux, de craie et de dolomies très magnésiennes. On reconnaît aussi des différences suivant que le climat est plus ou moins humide. La composition chimique des calcaires et le climat ne sont pas seuls à considérer : le développement des formes karstiques suivra un autre cours si les couches sont restées horizontales ou sont fortement redressées ; si le calcaire affleure à nu ou est recouvert par d'autres dépôts, enfin s'il présente ou non des intercalations de couches imperméables. L'influence de ces divers facteurs détermine des différences morphologiques et hydrographiques considérables entre les régions calcaires. Certaines formes karstiques très développées dans une région manquent complètement dans une autre. Le régime de l'hydrographie souterraine change avec la position de la nappe d'eau ou du réseau aquifère qui est réglée par la profondeur et le caractère de la surface de la couche imperméable sous-jacente. Il en résulte que l'évolution même du relief ne suivra pas le même cours dans les différentes régions calcaires.

Il faut d'abord définir les principaux types actuels des régions calcaires en les classant, d'après le développement des phénomènes karstiques plus ou moins complet, en groupes caractérisés par une dénomination collective qui embrassent tous leurs caractères essentiels. Ensuite il faut établir les évolutions morphologiques et hydrographiques diverses parcourues par ces types calcaires.

Nous distinguons d'abord deux groupes de régions calcaires, différents au point de vue des caractères karstiques et nettement séparés l'un de l'autre par tous les phénomènes géographiques, relief, hydrographie, nature du sol et de la végétation même le plus souvent aussi bien que par l'influence de ces faits sur la vie humaine. D'un côté les régions offrant tous les phénomènes caractéristiques du Karst, le Karst complet ou *Holokarst;* de l'autre, les régions où ces phénomènes sont imparfaitement développés, le Karst

imparfait ou *Merokarst;* un troisième groupe comprend les types de transition, offrant deux branches principales, le *type des Causses* et le *type karstique du Jura.*

Le Holokarst. — C'est le Karst complet dans lequel toutes les formes karstiques sont parfaitement développées ainsi que l'hydrographie souterraine; les possibilités de l'évolution sont presque illimitées dans le sens horizontal, à la surface du sol, aussi bien que dans le sens vertical, dans la profondeur ou à l'intérieur des blocs calcaires. C'est que le Holokarst est constitué de calcaires purs et très puissants, occupant les sommets les plus élevés et descendant au-dessous du niveau de la mer. Les couches sont le plus souvent redressées et coupées par des diaclases, offrant ainsi de nombreuses prises à l'érosion karstique. Dans ces blocs puissants, les roches imperméables ne manquent pas complètement : mais étant rares et minces, elles disparaissent presque en comparaison avec la grande extension du calcaire et son épaisseur extraordinaire; par suite elles n'empêchent pas la circulation souterraine de s'accomplir : les eaux souterraines contournent ou passent au-dessous des couches imperméables. Néanmoins ces couches exercent une influence locale sur l'hydrographie et le développement des formes karstiques. Le réseau aquifère ou la nappe d'eau souterraine reposant sur la couche imperméable se trouve à une grande profondeur. L'évolution des formes et de l'hydrographie sera purement karstique sans intervention de l'érosion normale qui se fait sentir dans tous les autres types calcaires. Ce n'est que dans le Holokarst que les vrais poljes karstiques avec leurs phénomènes hydrographiques spéciaux ont pu se développer complètement.

Le meilleur exemple de Karst complet est offert par la région dinarique et par le Karst du Péloponèse, en Grèce. Il est probable qu'à ce groupe appartiennent aussi certaines régions calcaires de l'Asie Mineure, surtout de la Lycie et de l'île de Jamaïca.

Le Holokarst dinarique. — Il y a dans le Karst dinarique deux régions différentes au point de vue des phénomènes karstiques : la partie occidentale bordée par la mer Adriatique qui représente le Holokarst, et la partie de l'Est, plus étendue, qui se rattache plutôt au type de transition, tantôt à celui des Causses, tantôt à celui du Jura. Elles sont séparées par une série de dépressions, orientées dans le sens dinarique, du Nord-Ouest au Sud-Est, à partir du bassin de Ljubljana, en passant par Karlovac, en Croatie, la vallée supérieure longitudinale de Vrbas dans la Bosnie, la vallée de la Rama jusqu'à son confluent avec la Neretva (Narenta), la vallée supérieure

longitudinale de la Neretva, les poljès karstiques de Gacko et de Niksic et les vallées de la Zeta et de la Moraca jusqu'à l'embouchure de celle-ci dans le lac de Skadar (Scutari).

Le Holokarst dinarique est constitué par une bande de calcaire et de dolomie allant du Triglav en Slovénie jusqu'à Scutari, d'une longueur de 700^{km} et dont la largeur atteint souvent 60 à 100^{km}. Le calcaire et la dolomie sont d'âge différent : Trias supérieur, Jurassique, Crétacé et Nummulitique jusqu'au conglomérat paléogène de Promina en Dalmatie. Les schistes, les grès et les quartzites du Carbonifère et les schistes du Trias inférieur n'affleurent que très rarement à la surface, et ces affleurements sont dus à des dislocations, soit à des failles longitudinales, soit à des chevauchements le long desquels les couches imperméables sont mises à jour par l'érosion. Toutes les couches calcaires sont plissées, et les plis sont poussés vers l'Ouest, vers la mer Adriatique, la pression tectonique s'exerçant du Nord-Est et de l'Est. Presque sur toute leur longueur, de Fiume à Scutari, les couches calcaires s'enfoncent sous la mer. Leur substratum, constitué par des roches imperméables se trouve dans une profondeur inconnue. Il faut ajouter que ces calcaires ne sont presque jamais recouverts par des couches plus jeunes; il y a dans la partie littorale adriatique des grès et des marnes du flysch, mais ces couches fortement plissées, affleurent à côté du calcaire et ne le recouvrent presque jamais. Quant aux couches d'eau douce d'âge oligomiocène et plus jeunes, elles ne se rencontrent que dans les poljès. C'est dans le Holokarst dinarique que toutes les formes et tous les phénomènes hydrographiques sont les mieux developpés sur la terre.

GÉOPHYSIQUE. — *Relations entre diverses discontinuités météorologiques et les oscillations hertziennes parasites au voisinage des chaînes de montagnes.* Note de M. **Jean Lugeon**, transmise par M. G. Ferrié.

De 1919 à 1922, j'ai noté régulièrement, à Lausanne, la nature, l'intensité et la direction des parasites recueillis par un appareil à plusieurs triodes, pourvu d'un dispositif radiogoniométrique et d'accessoires pour l'enregistrement. J'ai poursuivi cette tâche à Zurich pendant l'année 1924, avec l'aide de quelques collaborateurs.

Faisant abstraction, ici, des perturbations appartenant exclusivement aux systèmes orageux locaux, on observe, d'une manière générale :

1° Que les parasites diffèrent beaucoup entre la plaine, les vallées et la haute montagne;

2° Que leur corrélation aux situations météorologiques continentales est difficilement reconnaissable;

3° Qu'ils semblent, au contraire, être en rapport direct avec l'état électrique et le temps présent sur l'ensemble des Alpes et du Jura.

Des observations simultanées, à des altitudes diverses, montrent qu'aux variations moyennes du gradient vertical de température correspondent presque toutes les variations importantes des décharges.

Ces faits, confirmés par plusieurs statistiques, m'ont poussé à chercher, comme d'autres auteurs l'ont déjà fait depuis que J. Bjerknes a prouvé l'évidence des discontinuités, s'il existe effectivement des relations de causalité entre les parasites et le déplacement des fronts.

Pendant le passage des quelques fronts types de l'année 1924, des écoutes, faites d'heure en heure, montrent une périodicité manifeste et une superposition dans les phases de deux phénomènes. Ainsi, sans être déjà autorisé à tirer des conclusions nettes, on ose dire qu'immanquablement toute masse d'air chaud ou tropical, attaquant les sommets au-dessus de 3000-4000^{m} dans son mouvement ouest-est, entraîne sous elle une zone d'augmentation très forte des décharges, alors que les stations de haute montagne enregistrent au contraire une forte diminution. Lorsque la surface de discontinuité atteint les sommets du Jura franco-suisse, les crépitements et roulements sont à leur maximum sur le plateau et dans les fonds de vallée. Puis ils diminuent rapidement, s'annulent souvent et reprennent, faibles, au voisinage de la zone pluvieuse caractérisée par des claquements connus. Un peu plus tard leur régime est régulier à toute altitude.

Au passage des fronts froids, des lignes d'occlusion ou des pseudo-fronts, le phénomène est autre et moins net dans son ensemble. Pendant les quatre saisons et d'une manière générale, si le gradient barométrique est faible et l'échange d'air lent, il n'est pas possible de percevoir si ces passages ont une influence quelconque sur les parasites. Les décharges sont nombreuses, diverses, en moyennes fortes et diminuent dans la zone des précipitations. Par gradient plus accentué et front froid type, une agitation se fait sentir sur 100 à 150^{km} avant l'ascension du Jura par les masses froides.

Dès que l'air froid a franchi cette première barrière, les décharges augmentent considérablement, envahissant très vite le plateau, tout en restant faibles en altitudes. Elles atteignent les sommets une heure ou deux avant

que le gradient thermique ait changé de signe. L'inversion de température partielle, qui est souvent la caractéristique de ces passages, est un indice certain d'instabilité électrique. Dès que l'équilibre se rétablit, peu après le balayage du pays, les parasites ont pris leur retraite en commençant par les bas.

Des données, trop peu nombreuses jusqu'ici, sur la direction des maxima d'intensité au passage des fronts, ne m'ont pas permis de trouver une liaison certaine entre les champs dynamiques, thermiques et électriques que créent ces discontinuités. Il est toutefois remarquable de constater que les directions radiogoniométriques trouvées dans presque toutes les vallées encaissées se confondent avec le sens descendant du thalweg avant les baisses de température et avec le sens montant par temps de fœhn ou hausse.

L'influence électrique de ces sauts de température, au remplissage des dépressions topographiques par les fleuves d'air froid, est démontrée dans quelques cas bien typiques. Ainsi une station située à 2000^{m}, au-dessus d'une autre fort troublée dans un creux de vallée, n'a enregistré, pour ainsi dire, aucun parasite jusqu'à ce qu'elle soit elle-même enveloppée par les masses nuageuses condensées au contact du flot montant. Dans un ordre d'idée analogue, on constate, entre la plaine et la montagne, un régime de parasites bien différent pendant la saison hivernale, lorsqu'en situation anticyclonique et par de fortes inversions de température, les brouillards élevés du strato-cumulus couvrent le plateau. La couche ionisée homogène et calme forme peut-être pendant la journée un écran qui s'oppose, en une certaine mesure, à la pénétration des perturbations très lointaines enregistrées alors en altitude.

Cette étude doit montrer que les régions montagneuses de l'Europe centrale, grâce à leur situation en marge des grands mouvements atmosphériques du continent, offrent un véritable laboratoire pour l'étude des causes complexes de ces oscillations hertziennes naturelles. Un certain nombre de conclusions préliminaires s'imposent déjà :

1° L'intensité, la fréquence, la nature et la direction des parasites varient avec l'altitude;

2° Cette variation est en liaison étroite avec les oscillations du gradient vertical de température. Un refroidissement a tendance à exagérer le phénomène, un réchauffement à le diminuer;

3° Les couches d'air au voisinage du sol sont beaucoup plus troublées qu'en altitude;

4° A part les parasites d'origine lointaine prouvée, la distance de propagation des perturbations naissant dans les zones inférieures ne semblent pas dépasser 250^{km} et reste presque toujours inférieure à 150^{km} dans les régions montagneuses.

Interprétation hypothétique : les foyers de condensation de la vapeur d'eau appartenant aux discontinuités météorologiques émanent des oscillations hertziennes très amorties. Les changements brusques du degré d'ionisation de l'air agité entrent pour une grande part dans ces formations.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur une discontinuité stationnaire en Méditerranée occidentale*. Note de M. **L. Petitjean**, présentée par M. Bigourdan.

La persistance, fréquente en hiver, de massifs anticycloniques sur l'Espagne et sur l'Afrique du Nord permet la formation d'une discontinuité stationnaire entre l'air polaire et l'air tropical. La stabilité en est remarquable tant que la pression reste élevée sur les Hauts-Plateaux ibériques et algériens. Les cartes isobariques détaillées en décèlent l'existence par la présence d'un couloir de pressions plus basses séparant les deux anticyclones et reliant, à travers le détroit de Gibraltar, deux minima relatifs situés à l'ouest du Maroc et sur le bassin occidental de la Méditerranée. La discontinuité court le long de ce couloir; elle est parfois rompue momentanément lorsqu'une dorsale réunit les anticyclones entre deux thalwegs se dirigeant respectivement vers les deux minima relatifs; elle n'en subsiste pas moins de part et d'autre de la dorsale.

La surface de discontinuité est ondulée et se compose d'une succession de fronts chauds et de fronts froids, répartis suivant la prédominance locale du courant tropical et du courant polaire. Ce dernier progressant généralement par fractions successives, chaque front froid principal est accompagné de froids secondaires. La variation diurne de la température, importante sur les Hauts-Plateaux, favorise l'arrivée de fronts froids lorsque l'air polaire passe, pendant la nuit, au-dessus de l'Espagne; inversement, le relèvement de la température en Afrique du Nord, pendant le jour, contribue à faciliter le passage de l'air tropical jusqu'en Méditerranée.

Pendant l'hiver, la température de l'air des couches inférieures diffère généralement peu, à l'est du détroit de Gibraltar, sur le littoral espagnol et sur le littoral nord-africain, et la discontinuité se trouve, de ce fait,

reportée en altitude : il y a « occlusion » de l'air tropical. La disposition habituelle est celle indiquée par J. Bjerknes et H. Solberg sous le nom d' « occlusion du type *a* » (1) : l'air polaire arrive en Méditerranée occidentale suivant une direction comprise entre le Nord et l'Ouest; il chasse l'air tropical qui s'élève, en déviant vers la gauche, au-dessus d'un air plus froid que lui et toutefois moins froid que l'air polaire.

Les nuages qui accompagnent une telle « occlusion » sont souvent les mêmes que ceux qui résulteraient de l'association d'un front chaud antérieur et d'un front froid postérieur. Il n'en est cependant pas toujours ainsi en Méditerranée et en Afrique du Nord : si, par exemple, le contraste entre les températures de l'air tropical et de l'air froid situé en avant de l' « occlusion » est insuffisant pour permettre au premier d'atteindre le niveau des cirrus, on n'observe que des bancs d'alto-cumulus et des rouleaux de strato-cumulus avant l'arrivée des nimbus. Si, de plus, la vitesse de propagation de l'air polaire est faible, le contraste entre les températures de cet air et de l'air moins froid qui le précède, s'atténue; les nimbus se raréfient et peuvent même faire défaut. Lorsque l'irruption de l'air polaire est brusque, le passage des nuages élevés aux nuages bas s'opère sans transition et avec une grande rapidité dans l'ordre suivant : cirrus, cirro-cumulus, alto-cumulus, strato-cumulus, nimbus. L'alignement en bandes parallèles des nuages du type cirro-cumulus et alto-cumulus confirme l'hypothèse d'un mouvement ondulatoire entre couches animées de vitesses différentes. La dissolution du sommet de ces nuages dans la couche supérieure, plus rapide et plus sèche, est mise en évidence par l'apparition de filaments noyés dans une sorte de brume.

L'énumération de ces cas particuliers d' « occlusion » montre que la connaissance des températures des masses d'air en présence et de la vitesse de propagation de l'air polaire à différentes altitudes suffit pour indiquer aux navigateurs aériens en Méditerranée occidentale la nature et le niveau des nuages qu'ils rencontreront au cours d'une traversée.

---

(1) Cf. J. Bjerknes et H. Solberg, *L'évolution des cyclones et la circulation atmosphérique d'après la théorie du front polaire* (*Mémorial de l'Office national météorologique de France*, t. 6, 1923, p. 89).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Structure et chimisme dans la betterave.* Note de MM. **H. Colin** et **A. Grandsire**, présentée par M. L. Guignard.

Sur la section transverse d'une racine de betterave, on se rend compte immédiatement de la répartition des éléments vasculaires : au centre, un simple cordon libéro-ligneux (formations normales, primaires et secondaires); dans le corps de la racine, plusieurs zones concentriques de faisceaux (formations tertiaires), séparées les uns des autres par du parenchyme.

On trouverait difficilement un exemple mieux approprié à l'étude comparée du tissu conducteur et du parenchyme interstitiel. La direction des faisceaux n'est pas tellement confuse dans la souche de la betterave qu'on ne puisse isoler des fragments de pulpe, les uns exempts d'éléments vasculaires, les autres renfermant un ou plusieurs faisceaux libéro-ligneux. Ces prélèvements ne sont pas extrêmement commodes sur la betterave sucrière qui est toute en vaisseaux; les variétés fourragères s'y prêtent beaucoup mieux. Il est facile de tailler vers le milieu de la souche, normalement à l'axe, un cylindre de pulpe épais de 1^{cm} environ que l'on découpe ensuite, par des sections tangentes aux anneaux vasculaires, en fragments formés alternativement de tissu conjonctif et d'éléments conducteurs; chacun de ces échantillons est analysé séparément. Nous avons choisi de préférence la variété géante rouge qui présente seulement trois anneaux bien distincts; les analyses effectuées peu après l'arrachage ont porté sur de grosses racines de 3^{kg}, parfaitement régulières, mises à notre disposition par la maison de Vilmorin.

Matière sèche, cendres, sucres. — On a commencé par déterminer le degré d'hydratation des tissus, leur teneur en hydrates de carbone et en cendres. La matière sèche est toujours notablement plus abondante dans le tissu vasculaire; les sucres en sont l'élément essentiel et l'on savait déjà ([1]) que les faisceaux sont plus riches que le conjonctif en sucre total; les sels minéraux, au contraire, prédominent dans le parenchyme.

Voici les chiffres exacts pour 100 du poids frais. Les lettres P, F désignent respectivement le parenchyme et les faisceaux; les fragments se suivent, sans interruption, à partir du centre. Vers la périphérie, les

([1]) H. Colin, *Comptes rendus*, t. 178, 1920, p. 2124, et *Bull. Chim. sucr.*, t. 42, 1924, p. 13.

anneaux vasculaires, à peine ébauchés, se pressent les uns contre les autres sans qu'il soit possible de les isoler du parenchyme; cette région, très spéciale, est désignée par la lettre E. On a laissé de côté l'axe vasculaire et la cuticule.

	P.	F.	P.	F.	P.	F.	P.	E.
Matière sèche........	7,7	10,6	7,8	10,4	8,1	9,4	7,2	6,3
Sucre total..........	3,83	6,16	4,16	6,05	4,49	5,66	4,49	3,49
Cendres.............	0,98	0,48	0,85	0,46	0,85	0,72	0,81	1,01

Les écarts sont en réalité beaucoup plus considérables que ne l'indiquent les chiffres de ce tableau, pour la raison qu'il est impossible de mettre complètement à nu les éléments vasculaires. L'antagonisme souvent signalé d'une betterave à l'autre entre le sucre et les sels s'observe donc à l'intérieur d'une même racine. On s'explique ainsi la pauvreté en sucre et la haute teneur en sels des betteraves fourragères toujours peu vascularisées; on comprend, d'autre part, que les souches de dimensions exagérées laissent à désirer sous le rapport de la richesse saccharine, l'accroissement portant principalement sur les parenchymes.

La pénurie de sucre se trouve contre-balancée, dans le parenchyme interstitiel, par la concentration en électrolytes; l'indice de réfraction y est plus faible, mais la conductibilité électrique (pulpe 10^{g}, eau 100^{cm^3}) beaucoup plus grande que dans le tissu conducteur.

	P.	F.	P.	F.	P.	F.	P.	E.
Indice.........	1,345	1,349	1,344	1,349	1,346	1,347	1,347	1,345
Conductibilité..	0,00227	0,00168	0,00185	0,00133	0,00185	0,00140	0,00194	0,00201

La teneur en azote organique est sensiblement la même (0,14 pour 100 environ) pour le parenchyme et pour les faisceaux, ce qui revient à dire, en se référant au taux d'hydratation, que la matière sèche du conjonctif est plus riche en azote que celle du tissu vasculaire.

Ferments, sucrase et oxydases. — Le parenchyme contient deux fois plus de sucre réducteur que les faisceaux; on trouve pour 100 de substance fraîche :

	P.	F.	P.	F.	P.	F.	P.	E.
Sucre réducteur.............	0,49	0,20	0,74	0,37	0,66	0,37	0,74	0,54

Il n'est pas étonnant, dès lors, que les betteraves fourragères soient plus riches que les sucrières en réducteur libre et que leur réserve saccharine résiste beaucoup moins à l'inversion; soit teneur en sucrase, soit question de milieu, le pouvoir hydrolysant de la pulpe à l'égard du sucre de canne est

toujours plus fort dans le parenchyme. Nul doute qu'on ne puisse, en se basant sur ces données, sélectionner parmi les variétés sucrières, des lignées supportant mieux que d'autres l'épreuve des silos.

Les ferments oxydants sont localisés de préférence dans les faisceaux; on s'en rend compte en observant la teinte que prend la pulpe imprégnée d'une solution de tyrosine. L'axe et les anneaux intérieurs foncent rapidement; le parenchyme, sauf vers la périphérie, brunit à peine. D'une betterave à l'autre, on observe, à cet égard, des différences considérables sans que la richesse saccharine paraisse liée à la teneur en oxydases.

Réaction des tissus. — On admet généralement que le tissu libérien possède une réaction alcaline; autrement, dit-on, on ne saurait expliquer les isomérisations fréquentes qui se produisent chez les végétaux. Il est possible que l'alcalinité du liber soit réelle; elle n'est pas telle, en tout cas, dans la betterave, qu'on la puisse mettre en évidence par les indicateurs habituels; elle ne suffit pas à communiquer aux régions vascularisées une réaction différente de celle du parenchyme; partout, sauf à la périphérie de la souche, la valeur du P_H est voisine de 6. Ce qui est vrai, c'est que les cendres des faisceaux sont toujours fortement alcalines :

	P.	F.	P.	F.	P.	F.	P.	E.
SO^4H^2 pour 100 de cendres.	56	68	56	69	54	64	50	71

cela ne prouve rien d'autre que la prédominance, dans le tissu vasculaire, des sels organiques — neutres ou acides — de potasse et de chaux.

On voit par là combien la composition est variable à l'intérieur d'une même racine, en dépit de l'uniformité de la pression osmotique; le chimisme est lié intimement à la structure; une analyse ne peut donc inspirer confiance que si la prise d'essai porte sur l'ensemble des régions anatomiques.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la génération de la voix.*

Note [1] de M. **Henri-Jean Frossard**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans diverses Notes présentées à l'Académie [2] et dans mes Ouvrages

---

[1] Séance du 9 février 1925.

[2] *Sur le résonateur buccal* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 144); *Théorie mécanique de quelques tuyaux sonores, en particulier le larynx* (*Ibid.*, t. 153, 1911, p. 176 (en coll. avec M. Melchissédec); *Sur la voix chuchotée et en général l'écoulement d'un fluide sous pression dans un capsulisme allant de zéro à l'infini* (*Ibid.*, t. 158, 1914, p. 782).

imprimés (¹) j'ai établi une théorie aérodynamique de la voix qui donne le premier rôle aux ventricules de Morgagni.

Ceux-ci constitueraient des capsulismes à réaction. L'air qui y est inclus, mis en vibration par le jet fluide sortant de la glotte dans des conditions données, cisaille ce jet, créant ainsi des sortes d'obus aériens qui se transforment dans la bouche et l'air extérieur en trains d'ondes sonores.

La forme du jet donnée par la glotte crée les voyelles. Le train d'onde troublé qui précède ou suit la phase de régime (ou voyelle) constitue l'*antesonne* ou la *postsonne* visible sur les enregistrements. Le mot consonne ne peut en effet être maintenu puisque ce bruit ne se produit pas *en même temps* mais *avant* ou *après* la voyelle.

Il résulte de cette théorie que seuls les bords des ventricules sont importants *quelle que soit leur constitution*, toutes choses égales d'ailleurs. La suppression de l'un ou de l'autre supprime la voix, mais la suppression des deux ne la supprime pas.

En effet si les distributeurs (anciennes cordes vocales inférieures) sont détruits seuls et les limitateurs (anciennes cordes vocales supérieures) conservés il peut encore se produire des sons mais inarticulés.

Si les limitateurs sont supprimés et les distributeurs conservés, comme dans certaines ulcérations tuberculeuses ou syphilitiques, le capsulisme est mécaniquement inexistant. Le malade peut chuchoter mais il ne peut plus parler à haute voix.

Mais si les deux systèmes sont enlevés et que le tissu cicatriciel rétablisse la connexion thyro-arytenoïdienne, les ventricules étant intacts, la voix devra survivre à cette ablation.

C'est en effet ce qui se produit et nous en trouvons la confirmation dans les résultats publiés par MM. Moure, Liébault et Canuyt (²) qui écrivent :

> Les malades ayant subi l'opération de la laryngo-trachéotomie parlent à haute et intelligible voix, bien qu'ils aient été privés non seulement de leurs cordes vocales, mais bien souvent des bandes ventriculaires et même d'une partie des replis ary-épiglottiques. Il se produit une véritable régénération intéressante et utile à connaître à cause du pronostic vocal de cette opération qui consiste à ouvrir le larynx et la trachée, à les vider complètement de leur tissu cicatriciel et souvent des parties soi-disant indispensables à la fonction vocale.

Plus récemment, à la Société de Laryngologie, d'Otologie et de Rhino-

(¹) *La science et l'art du chant*, 1914 (épuisé).

(²) *Pathologie de guerre du larynx*. Alcan, éditeur, Paris, 1918.

logie de Paris (séance du 8 janvier 1925), M. Liébault « présente une malade qui avait depuis 10 ans un rétrécissement traumatique cicatriciel du larynx avec canule trachéale et chez laquelle il a fait une laryngostomie suivie de dilatation progressive, puis de plastique prélaryngée par la méthode du double lambeau à renversement. La malade, complètement guérie depuis 6 mois, respire librement sans canule et *parle à haute et intelligible voix, bien que les cordes vocales et les bandes ventriculaires aient été supprimées avec le tissu cicatriciel* au moment de l'opération de la laryngotomie. *Mais*, dit l'auteur, *les aryténoïdes sont restés mobiles, fonctionnent, et un plissement muqueux intralaryngé constitue une ébauche de cordes qui assure la vibration laryngée* » ([1]).

Voici donc des opérations qui ont toute la valeur d'une vérification expérimentale et qui montrent que ce n'est pas l'organe *anatomique* qui est nécessaire, mais sa disposition *mécanique*. Il reste toujours chez ces opérés les ventricules intacts et tout le système musculaire qui les entoure et qui suffit à en modifier les dimensions.

Ma théorie est donc vérifiée expérimentalement. Elle complète celle de Savart exposée il y a 100 ans ([2]) et semble détruire définitivement celle des cordes vocales vibrantes.

PHARMACODYNAMIE. — *Des propriétés hémostatiques de la pectine.* Note ([3]) de MM. **H. Violle** et **L. de Saint-Rat**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La pectine, substance d'origine végétale largement répandue dans les organes d'un grand nombre de plantes, jouit de propriétés hémostatiques prononcées.

Nous avons décrit antérieurement ([4]) les expériences mettant en évidence ce rôle anti-hémorragique de la pectine ([5]), tant chez l'homme que chez l'animal. Le sérum des sujets traités par la pectine emporte pour ainsi dire avec lui ses propriétés hémostatiques car des animaux préparés par des

([1]) *Presse médicale*, 33e année, n° 7, 24 janvier 1925, p. 104.

([2]) *Annales de Chimie et de Physique*, t. 30, 1825, p. 64.

([3]) Séance du 16 février 1925.

([4]) H. Violle et de Saint-Rat, *Acad. de Médecine*, t. 92, 4 novembre 1924, p. 1097.

([5]) Préparée suivant les procédés de E. Bourquelot et Hérissey (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, t. 7, 1898, p. 473, et années suivantes).

injections de pectine ont un sérum qui, ajouté à du sang normal, hâte la formation du caillot.

Les solutions de pectine à 1 pour 100, soit pures, soit rendues isotoniques avec du chlorure de sodium, sont dépourvues de toute toxicité et de tout pouvoir anaphylactisant; elles augmentent, surtout après addition d'une très faible proportion de chlorure de calcium, ne dépassant pas $0^g,50$ pour 1000 et agissant comme co-ferment ou co-diastase (1) le degré de coagulabilité du sang.

Il semble plausible d'admettre, quoique la nature même du phénomène soit difficilement explicable, que la pectine agit par elle-même et non par les produits pouvant résulter de sa désintégration.

En effet, à la suite d'inoculation de pectine par voie intraveineuse, le degré de coagulabilité du sang est très rapidement augmenté.

Cependant la pectine n'est pas encore détruite. On peut la mettre en évidence par une réaction spécifique et cela dans l'organisme même de l'animal.

In vitro, la pectine a la propriété de se coaguler sous l'influence de la pectase en présence des sels de calcium. Le corps nouvellement formé est du pectase de calcium (1).

In vivo, la même réaction peut être provoquée artificiellement, ainsi que nous l'avons remarqué.

Pour ce faire, il suffit d'injecter dans les veines, à des intervalles de temps rapprochés, une solution de pectine, puis une solution de pectase.

Nous avons rappelé plus haut que la pectine à elle seule est absolument atoxique ; il en est de même de la pectase.

Voici une expérience probante :

100^{cm^3} de solution de pectine à 1 pour 100 sont inoculés dans les veines d'un lapin de 2^{kg} environ : aucune réaction.

20^{cm^3} de solution de pectase sont inoculés dans les veines d'un second lapin de 2^{kg} environ : aucune réaction.

Cette solution de pectase est préparée d'après une des méthodes de G. Bertrand et Mallèvre : 200^g de luzerne fraîche sont broyés au mortier de fer : le jus frais est saturé de chloroforme, décanté après 24 heures, et filtré au moment de l'emploi; le chloroforme est retiré par le vide.

---

(1) G. Bertrand et Mallèvre, *Comptes rendus*, t. 119, 1894, p. 1012; t. 120, 1895, p. 110 et 172; t. 121, 1895, p. 726; *Bulletin de la Société chimique*, 3e série, t. 13, 1895, p. 77 et 252; t. 15, 1896, p. 31.

100^{cm^3} de solution de pectine, puis 20^{cm^3} de solution de pecase, sont inoculés à dix minutes d'intervalle dans les veines d'un troisième lapin de 2^{kg} environ : dix minutes après l'inoculation, l'animal, jusqu'alors en parfait état, semble inquiet, s'agite, puis brusquement s'affaisse; il a des convulsions, des contractures tétaniques, des soubresauts; après quelques bâillements spasmodiques, il tombe dans le coma et meurt.

A l'autopsie, on trouve une congestion intense de tout le système porte, un foie énorme, un intestin congestionné, une rate normale, des poumons absolument sains, un cœur dilaté; le sang est liquide et les cavités cardiaques ne renferment généralement point de caillots sanguins.

Telles sont, très brièvement décrites, ces expériences que nous avons cru intéressantes à citer.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'élimination urinaire des alcaloïdes dérivés de l'isoquinoléine et en particulier de l'hydrastine.* Note de MM. **Ed. Bayle** et **René Fabre**, présentée par M. Guignard.

L'étude du sort, dans l'organisme, des alcaloïdes dérivés de l'isoquinoléine présente de l'intérêt en raison de la recherche toxicologique des alcaloïdes secondaires de l'opium, tels que la narcotine. Étant donné que la morphine est détruite dans l'organisme, en particulier dans le foie, comme l'a démontré l'un de nous (¹), la recherche de la narcotine est susceptible de permettre à l'expert de donner des conclusions nettes, dans les cas d'empoisonnements par les préparations pharmaceutiques contenant tous les principes de l'opium, telles que le laudanum. Or, comme l'on connaît fort peu de réactions bien spécifiques de la narcotine, nous avons effectué des recherches préliminaires sur un alcaloïde très voisin, à savoir l'hydrastine, qui n'en diffère que par un groupe (OCH^3). Il semble, en effet, que des composés de structure chimique aussi voisine doivent subir des transformations de même ordre dans l'organisme.

L'hydrastine possède des propriétés de fluorescence que nous avons précédemment étudiées (²), et ce caractère permet l'identification de cet alcaloïde dans les produits extraits des viscères ou des urines.

Nous rappellerons à ce sujet que, si la solution de sulfate d'hydrastine

(¹) *Journal de Ph. et de Ch.*, 7e série, t. 30, 1924, p. 183.
(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2181.

n'est pas fluorescente, au moment de sa préparation, elle le devient rapidement par suite de la formation par hydrolyse de sulfate d'hydrastinine, cette transformation étant activée par l'emploi de la chaleur ou d'une goutte d'H^2O^2. Cette réaction est extrêmement sensible et permet de déceler cet alcaloïde jusqu'à des dilutions inférieures à $\frac{1}{10^{10}}$. Aussi sa recherche dans les urines est-elle fort aisée en utilisant cette propriété.

L'urine contenant de l'hydrastine est épuisée en liqueur alcaline par l'éther. La solution éthérée est agitée sous la lampe à mercure avec un volume déterminé (10^{cm^3}) d'acide sulfurique à $\frac{1}{10}$. L'alcaloïde passe en solution sulfurique; celle-ci n'est pas fluorescente, mais le devient rapidement par agitation; elle est séparée et l'éther convenablement lavé. La solution d'alcaloïde est additionnée de 1 à 2 gouttes d'H^2O^2, et la transformation est complète en une demi-heure. La liqueur apparaît alors sous les radiations ultraviolettes en bleu clair, couleur caractéristique de la fluorescence de la solution sulfurique d'hydrastinine.

Nous nous sommes assurés que les principes fluorescents de l'urine normale, n'apportent aucun trouble à l'expérience, dans ces conditions opératoires.

Si, à l'urine contenant de l'hydrastine, on substitue une urine additionnée d'extrait fluide d'hydrastis, préparation qui contient à côté de l'hydrastine, de la berbérine, celle-ci passe également en solution sulfurique au cours du traitement précédent. Or la berbérine, qui est douée d'une faible fluorescence jaune à l'état cristallin, voit sa fluorescence exaltée en solution sulfurique, ce qui nuit à la netteté de l'observation. Mais si l'on recherche ces alcaloïdes dans l'urine de malades ayant absorbé de l'extrait fluide d'hydrastis, on constate que seule l'hydrastine est retrouvée, la berbérine étant soit retenue, soit détruite dans l'organisme.

Il est dès lors possible de suivre l'élimination urinaire de l'hydrastine, après absorption de préparations pharmaceutiques d'hydrastis. Nous nous sommes adressés à l'extrait fluide, en raison de son titre constant de 2 pour 100 d'hydrastine.

Si, en première approximation, on examine les produits d'extraction d'urines de malades ayant pris $2^{gr},50$ de cette préparation, on constate que la fluorescence de la solution sulfurique d'alcaloïde est surtout appréciable dans l'urine du premier jour, les fluorescences des liquides émis les jours suivants étant très faibles et décroissant pour devenir nulles à partir du quatrième jour.

Afin d'évaluer quantitativement l'élimination, nous avons comparé spectrophotométriquement, par la technique précédemment publiée [1], les courbes représentant la

---

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 6.

répartition de l'intensité lumineuse dans le spectre de fluorescence émise d'une part, par le produit retiré des urines, et, d'autre part, par des solutions témoins de titres déterminés.

On sait que l'intensité de la fluorescence n'est pas proportionnelle à la concentration. Nous avons pu faire des mesures avec des dilutions variant de $\frac{1}{1000}$ à $\frac{1}{10000}$, les fluorescences étant trop peu intenses pour permettre des déterminations exactes aux autres concentrations. L'intensité maxima a été constatée pour la dilution de $\frac{1}{2500}$ (¹).

Or, si l'on effectue une mesure sur une solution alcaloïdique extraite d'urines de malades ayant absorbé 2g,50 d'extrait fluide d'hydrastis, c'est-à-dire 0g,05 d'hydrastine, on obtient une courbe coïncidant sensiblement avec celle tracée au milieu d'une solution à $\frac{1}{5000}$. Afin de nous assurer de l'exactitude de la mesure, nous avons fait la même détermination avec la solution précédente diluée à $\frac{1}{2}$. Les résultats obtenus concordent avec ceux que donne une solution à $\frac{1}{10000}$ (²).

Ces résultats nous permettent de conclure que dans l'urine du premier jour, la quantité d'hydrastine émise est à une concentration de $\frac{1}{5000}$ dans la solution sulfurique séparée.

La quantité éliminée les jours suivants étant trop faible pour être évaluée par spectrophotométrie, nous avons effectué la détermination précédente sur la totalité du liquide d'extraction des urines des quatre premiers jours. Les recherches faites dans le cas de quatre malades ayant absorbé la même dose d'hydrastine ont été concordantes, et nous pouvons conclure que 3 pour 100 environ de l'alcaloïde absorbé s'éliminent par les urines.

En résumé, nous avons constaté qu'une faible partie de l'hydrastine absorbée s'élimine par les urines; les essais physiques et chimiques que nous poursuivons sur la narcotine nous renseigneront sur le sort de ce composé dans les mêmes conditions.

(¹) Nous avions antérieurement constaté que la fluorescence émise par une solution à $\frac{1}{10000}$ était plus notable que celle d'une solution à $\frac{1}{1000}$. Seul, l'emploi de la méthode que nous proposons peut permettre plus de précision et une évaluation exacte du maximum, étant données les faibles différences.

(²) Les courbes seront publiées, ainsi que les résultats numériques, dans un autre Recueil.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de la température sur le mouvement de translation de l'*Arcella vulgaris *Ehrenberg*. Note de MM. E. **Fauré-Fremiet** et **Boris Ephrussi**, présentée par M. Henneguy.

La vitesse de translation des cellules amiboïdes se déplaçant sur un support solide a été mesurée en fonction de la température chez des leucocytes et chez des Amœbiens.

Dans le premier cas, Wlassow et Sepp (1904), Jolly (1897, 1903), Comandon (1920), Mac Cutcheon (1923) mettent en évidence : 1° un maximum de température (42°); 2° une valeur du coefficient de température (accroissement de vitesse pour un intervalle de 10°) tel que $Q_{10} = 2$ entre 27° et 42°; 3° des valeurs plus fortes de Q_{10} au-dessous de 27°, la vitesse diminuant beaucoup plus vite que l'abaissement de température.

Dans le second cas, Pantin trouve : 1° un optimum de température à 20° pour deux Amibes marines du type *Limax*, et 2° un accroissement de vitesse qui n'est pas régulièrement proportionnel à l'accroissement de température de sorte que les valeurs de Q_{10} varient entre 7,3 (de 0° à 10°) et 2,17 de (10° à 20°).

Cet auteur suppose d'une part l'existence d'un facteur d'inhibition qui s'accroît avec la température et détermine le ralentissement, puis l'arrêt du mouvement au-dessus de l'optimum, et d'autre part l'influence de l'état physique du protoplasma, l'augmentation de sa viscosité aux basses températures s'opposant à la déformation amiboïde et créant ainsi une nouvelle cause de ralentissement et l'accroissement de la valeur de Q_{10}. Ces deux hypothèses s'appliquent évidemment aux cas des leucocytes.

On doit remarquer que le mouvement de translation d'une cellule amiboïde comporte au moins deux phénomènes distincts; d'une part la cellule manifeste par la formation des pseudopodes une déformation active que différents auteurs (Penard, Hyman, Chambers, etc.) expliquent par des changements localisés et réversibles de la viscosité ou de la rigidité protoplasmique; d'autre part, un mouvement d'ensemble qui a reçu diverses explications. Tandis que Jennings suppose un mouvement « roulant » de certaines Amibes, les observations de Penard sur *Hyallodiscus*, de Goodrich sur les cellules mésenchymateuses, de Tait sur les leucocytes (thigmocytes) amènent ce dernier auteur à définir un mouvement de glissement, indépendant de la déformation active qui pourrait s'exprimer en première approximation par des valeurs différentes de la tension superfi-

cielle au contact du solide suivant l'axe antéro-postérieur de la cellule; cette notion doit être rapprochée de celle du gradient de sensibilité ou d'activité pseudopodique établie par Hyman.

Il n'est pas prouvé que l'intensité de ces deux phénomènes soit également affectée par les variations de température, auquel cas les valeurs de Q_{10} citées ont une signification imprécise.

Pendant la translation très régulière de l'*Arcella vulgaris* (Ehrenberg) le mouvement de glissement semble prédominer; il s'accompagne cependant de la formation de pseudopodes. Les mesures du déplacement ont été effectuées de 30 en 30 secondes entre 10° et 40°; les vitesses trouvées ont permis de calculer les valeurs de Q_{10} pour différents intervalles de température.

On constate l'existence d'un maximum de température variable suivant les individus examinés mais toujours compris entre 32° et 40°, maximum pour lequel le glissement se ralentit et devient nul. Il semble qu'à ce stade la polarité cellulaire (exprimée par le gradient de Hyman) ait disparu, car la formation des pseudopodes reste très active, mais désordonnée; le cytoplasma extrêmement fluide s'étale brusquement dans toutes les directions en hernies confluentes; ce changement d'état tient lieu chez l'Arcelle du facteur d'inhibition reconnu par Pantin.

Entre 10° et le maximum la variation de vitesse en fonction de la température tend à se rapprocher d'une droite plus ou moins inclinée sur l'axe des X, suivant l'individu observé; il en résulte que pour chaque individu le coefficient Q_{10} varie très peu, mais s'il varie c'est dans le sens d'une diminution de sa valeur vers les basses températures; ces deux faits sont contraires aux résultats de Mac Cutcheon sur les leucocytes ([1]). Si l'on prend les valeurs moyennes relevées au cours d'une vingtaine de séries de mesures on trouve pour Q_{10} les valeurs suivantes :

Intervalles de températures.	Valeurs de Q_{10}.
10° à 15°	1,72
15 à 20	2,34
20 à 25	2,30
25 à 31	1,89
31 à 36	0,4 ou négatif

En ce qui concerne les températures comprises entre 20° et 25° ces chiffres

([1]) Pantin constate un fort accroissement de Q_{10} pour les températures inférieures à 10°.

sont du même ordre que ceux obtenus par Mac Cutcheon et Pantin, et leur valeur voisine de 2 a fait penser que l'intensité du mouvement amiboïde serait proportionnelle à la vitesse de quelques réactions chimiques intracellulaires.

Mais on a vu que le mouvement amiboïde est un phénomène complexe et les observations faites sur l'Arcelle ne donnent pas le droit d'utiliser les chiffres moyens qui viennent d'être cités pour caractériser la nature de ce mouvement. En effet, si la courbe de vitesse donnée par chaque individu est généralement régulière, la pente de cette courbe peut varier considérablement d'un individu à l'autre, ainsi que la valeur initiale de la vitesse de translation; à titre d'exemple, trois individus étudiés dans la zone 15°-25° ont donné les coefficients Q_{10} 1,46, 2,42 et 3,04; c'est-à-dire que leurs courbes de vitesses en fonction de la température diffèrent par leurs pentes et doivent se couper daus une région qui est le plus souvent comprise entre 22° et 14°.

D'autre part trois individus ont accusé à 20° des vitesses de translation de 51^{μ}, 65^{μ} et 89^{μ}, par minute, les coefficients Q_{10} ayant respectivement les valeurs 2,07, 1,95 et 1,95, que l'on peut considérer comme égales; les courbes sont donc parallèles mais distantes les unes des autres. Le mode et la vitesse de formation des pseudopodes ne peuvent être évalués numériquement, mais l'observation prouve que la viscosité protoplasmique doit varier avec la température dans une large mesure entre 10° et 30°, chez l'Arcelle comme chez toutes les cellules étudiées à ce point de vue (Heilbrunn, Chambers, Pantin, etc.); mais cette variation de viscosité, si importante quant à la formation des pseudopodes, ne semble agir que très faiblement sur la translation par glissement dont le coefficient Q_{10} varie très peu pour un individu donné. C'est peut-être ce qui distingue les courbes à tendance inéaire données par l'Arcelle des courbes en S données par les leucocytes (Mac Cutcheon). Les valeurs trouvées par Pantin pour les Amibes du type *Limax* font penser, malgé l'accroissement de Q_{10} aux températures voisines de 0°, que le mouvement de glissement prédomine aussi chez ces formes.

Conclusions. — Le mouvement de glissement présenté par des cellules amiboïdes ne peut être caractérisé par *un* coefficient de température, les valeurs de Q_{10} pouvant varier avec chaque individu étudié; si d'ailleurs on adopte le schéma proposé par Tait, il n'est pas nécessaire de supposer que ce mouvement, dont la complexité est encore mal définie, soit directement proportionnel à la vitesse d'une réaction chimique intracellulaire dont le coefficient de température se trouverait avoir une valeur voisine de 2.

ZOOLOGIE. — *La squelettisation des nématocystes des Cœlentérés.* Note (¹) de M. **Robert Weill**, présentée par M. F. Mesnil.

La paroi capsulaire d'un nématocyste adulte de Cœlentéré est épaisse, rigide, très réfringente, alors que celle de son tube dévaginable est mince et flexible. Selon Allman (1871), la première est formée de deux couches dont l'interne seule se prolonge pour former le tube, et presque tous les auteurs ont adopté son opinion. Pour Iwanzoff (1896) aussi la paroi capsulaire est double, mais ce serait la couche externe qui se prolongerait en tube, l'interne étant la plus épaisse. Will (1909) croit que la paroi capsulaire est triple, observation qu'Ewald (1915) explique par la forte réfringence de la paroi qui, selon lui, est simple. La formation de ces parois et leurs variations de perméabilité au cours de la cnidogénèse ont été très discutées. Schneider (1904) admet que la membrane interne (*propria*) se forme très tôt; la substance de la membrane externe (*sclera*) se trouverait d'abord à l'intérieur de la capsule et diffuserait secondairement à travers la première. Il arrive à cette conception étrange par le raisonnement suivant : la capsule se développe, selon lui, avec un « tube externe » dont l'invagination secondaire serait provoquée par une aspiration de la capsule; la production d'un vide à l'intérieur de celle-ci serait due à l'exosmose de substance intracapsulaire; cette substance est celle de la sclera dont l'apparition coïncide précisément avec la disparition du tube externe. Tous les auteurs ont constaté que les stades jeunes de la cnidogénèse sont déformables et leur paroi très mince; tous ont supposé cette paroi perméable à l'eau et ont admis néanmoins que le fonctionnement des capsules immatures était très difficile à obtenir, sinon impossible; il fallait supposer par conséquent de grandes différences physiques et chimiques entre le contenu des capsules jeunes et celui des capsules adultes (Hadzi, 1907; Krasinska, 1914; Ewald, 1915).

Les figures données des capsules polaires des Cnidosporidies ne montrent pas de différences entre les parois de la capsule et celles du tube. Minchin (1912) et Davis (1917) les disent formées de la même substance. Elles ne semblent pas perméables à l'eau; leur élaboration n'a pas été décrite.

Selon Chatton (1914) la paroi capsulaire du cnidocyste du *Polykrikos* ne diffère pas de celle de l'ampoule et du tube. Elle se formerait par dépôt de chitine sur les parois internes de la vacuole cnidogène; la dévagination de

(¹) Séance du 16 février 1925.

l'appareil sous l'influence de l'eau de mer montre qu'elle est perméable à l'eau.

J'ai montré antérieurement ([1]) que les stades jeunes de la cnidogénèse des Cœlentérés et des Cnidosporidies éclatent sous l'influence de l'eau et donnent ainsi les images du « tube externe », considérées par tous mes prédécesseurs comme stades de développement; leur contenu capsulaire est donc déjà fonctionnel, leur paroi effectivement perméable à l'eau. Or j'ai montré ([2]) que, contrairement à l'opinion de Jacobsohn (1912), l'eau ne provoque pas la dévagination des capsules adultes; il restait donc à voir comment se formait la paroi définitive imperméable.

Mes recherches m'ont montré que la squelettisation des nématocystes des Cœlentérés comprend deux phénomènes : l'un consiste en la chitinisation ([3]) de la paroi primitive par un processus identique à celui décrit par Chatton dans la cnidogénèse du *Polykrikos;* il s'y surajoute un deuxième consistant en l'élaboration d'une coque externe au sein du protoplasme du nématoblaste.

Le tube du nématocyste adulte est, quoique flexible, infiniment plus résistant que celui des stades jeunes qui ne réussit pas, lors de sa dévagination intracellulaire, à sortir du nématoblaste. Un processus de squelettisation pareil à celui décrit par Chatton semble seul pouvoir expliquer les caractères chimiques particuliers que m'a montrés l'armature du tube, seule partie qui se forme en dehors de la vacuole cnidogène. Elle montre, en effet, comme le percuteur dans le cas du *Polykrikos*, des affinités particulières pour certains colorants; le violet-cristal, l'hématoxyline ferrique, presque tous les colorants basiques la colorent électivement. Quelle que soit sa morphologie par ailleurs extrêmement variable, elle seule est détruite (nématocystes d'Hydre, de Lucernaire, de *Corynactis viridis*, d'Actinies diverses) par les acides acétique et chlorhydrique, par la soude, la potasse, le réactif de Schweitzer, alors que le tube, beaucoup plus mince, leur résiste parfaitement. Je fais remarquer dès maintenant que ce processus de squelettisation a pour conséquence une identité de la constitution du tube sur toute sa longueur, contrairement à l'opinion d'Ewald, de Toppe (1910) et de Will.

La sclera, qui se forme ensuite, a des propriétés chimiques différentes de celles de la propria, avec laquelle elle forme la paroi capsulaire optiquement simple; elle seule résiste, dans les capsules perforantes d'Hydre, à la

---

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, t. 89, 14 décembre 1923, p. 1322.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, t. 92, séance du 13 février 1925, II (*sous presse*).

([3]) J'emploie ce terme sans attacher au mot chitine aucun sens chimique.

digestion peptique. Son imperméabilisation n'a pas toujours lieu au même moment; son début doit en général coïncider avec la différenciation de l'armature du tube; car celle-ci, comme l'avaient signalé tous les auteurs, ne débute qu'après la disparition du soi-disant tube externe, c'est-à-dire, en fait, après imperméabilisation de la paroi capsulaire. J'ai montré d'autre part ([1]) que certains nématocystes d'Actinies, morphologiquement déjà adultes, se dévaginent encore sous l'influence de l'eau distillée, que leurs deux parois sont par conséquent perméables à l'eau.

J'ai signalé ailleurs ([2]) que la paroi capsulaire peut encore grandir lorsqu'elle est déjà bien formée, épaisse, réfringente. Ses propriétés optiques et sa taille sont donc aussi peu caractéristiques de la maturité de la capsule que l'est la possibilité de son fonctionnement. Or, tous les auteurs qui ont calculé la diminution de volume que subissent les capsules lors de leur dévagination n'ont toujours effectué que des mesures de moyenne, et cela sur des capsules dont la maturité leur paraissait prouvée précisément par ces deux caractères. La comparaison s'appliquait par conséquent à des choses non comparables, et seules seront utilisables les mesures effectuées sur une même capsule avant et après sa dévagination.

Je tire de ces observations les conclusions suivantes : 1° le nématocyste des Cœlentérés a primitivement, comme celui du *Polykrikos*, une paroi simple (*propria*) qui se squelettise par dépôt de substance chitinoïde sur les parois internes de la vacuole; le tube a une constitution identique sur toute sa longueur; 2° chez les Cœlentérés, le protoplasme sécrète autour de la *propria* une coque (*sclera*) confondue optiquement avec la première et capable de grandir; 3° la facilité de la réaction aux agents déterminant la dévagination varie, au cours de la cnidogénèse, en fonction de la perméabilité de la paroi capsulaire; 4° la paroi capsulaire définitive est finalement imperméable à l'eau; 5° le cnidocyste parfait du *Polykrikos* correspond rigoureusement aux nématocystes immatures des Cœlentérés : leur morphologie, le mode ([3]), le déterminisme et le mécanisme de leur fonctionnement, leur inutilité biologique enfin, sont les mêmes. La comparaison de leur développement devra montrer si cette identité correspond à une homologie phylogénétique ou à des analogies de convergence que l'inutilité biologique de ces organites, dans le cas du *Polykrikos*, semble, *a priori*, rendre improbable.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, t. 92, séance du 13 février 1925 (*sous presse*).
([2]) *Comptes rendus*, t. 170, 1925, p. 327.
([3]) *Comptes rendus*, t. 170, 1925, p. 474.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur un nouveau processus du métabolisme des graisses de réserve. Butyrisation en dehors de la mamelle.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Lindet.

Physiologie pathologique. — Peu de travaux ont été faits sur l'utilisation chimique des graisses dans l'organisme; les seules recherches exécutées, d'ailleurs par la voie expérimentale, ont porté uniquement sur les acides gras à basse molécule. Dans les problèmes de cet ordre, dépassant le plus souvent la physiologie normale, il faut désormais recourir à l'étude des phénomènes ou des réactions pathologiques, c'est-à-dire recourir à la physiologie pathologique.

C'est dans cette voie que nous nous sommes engagé depuis 1909 au Laboratoire des Halles Centrales de Paris où, chaque jour, se trouve rassemblées en grand nombre les pièces pathologiques provenant des abattoirs et marchés de la capitale.

Nous résumerons aujourd'hui nos premières recherches sur les matières grasses mises en réserve dans les tissus animaux.

I. Dès 1910, nous avions étudié (1), à ce point de vue, certains états pathologiques, fréquents sur les moutons atteints de cachexie dont l'étiologie est encore restée indéterminée.

Dans un premier groupe de lésions, les masses adipeuses, au lieu d'être compactes, fermes, onctueuses, apparaissent au contraire peu denses, sèches, farineuses au toucher. Il s'agit de simples modifications histologiques des cellules graisseuses; les matières grasses sont chimiquement normales.

Dans un deuxième faisceau de lésions, les dépôts adipeux sont parsemés de petits îlots inflammatoires, à différente période d'évolution, avec prédominance des réactions phagocytaires. On constate ici une véritable digestion des graisses dont on peut suivre chimiquement les deux principales phases : 1° *Saponification* avec disparition de la glycérine et saturation plus ou moins importante des acides gras libres, par la chaux, les sels calciques

(1) Maurice Piettre, *Inspection des viandes et des aliments d'origine carnée* (Librairie J.-B. Baillère, Paris, t. 2, p. 100 à 118).

se déposant dans les cellules adipeuses sous forme de concrétions cristallines; 2° *résorption rapide de l'acide oléique*, plus attaquable que les autres acides gras saturés, en raison de sa liaison éthylénique en C^9. Le phénomène est peut-être encore plus complexe et mériterait sans doute d'être étudié à la lumière des faits nouveaux que nous allons exposer et qui se rapportent à la *butyrisation des graisses* dans l'organisme.

II. Sur les carcasses de bovidés adultes des deux sexes, mais le plus souvent de vieilles femelles laitières, on rencontre quelquefois au sein des masses graisseuses abdominales, qui couvrent les reins et tapissent la cavité pelvienne, des foyers inflammatoires plus ou moins étendus aux différentes phases de l'inflammation.

Les lésions subaiguës et surtout chroniques avec forte réaction fibreuse sont les plus fréquentes, l'énucléation de ces foyers est facile.

Après avoir séparé du parenchyme sain l'un de ceux-ci, si l'on en traite le tissu finement broyé par de l'alcool éthylique à 95°, au bain-marie bouillant, on arrive, par lente évaporation à froid, à isoler de la trimyristine cristallisée que l'on débarrasse des glycérides supérieurs, par une série d'épuisement à froid, à l'aide d'alcool-éther à parties égales, mélange dans lequel ceux-ci sont beaucoup plus solubles que celle-là.

La présence inattendue de myristine nous a conduit à rechercher l'existence des autres glycérides inférieurs qui l'accompagnent dans le lait et le beurre [1].

Nous avons appliqué à ces graisses pathologiques la technique du dosage des acides gras volatils, solubles et insolubles, utilisée pour l'analyse des beurres.

Voici les résultats obtenus dans quatre cas (vaches laitières) :

	Pour 100.				
	Indice d'iode.	Myristine isolée.	Acides volatils solubles.	Acides volatils insolubles.	Rapport Müntz-Coudon.
I. Lésion chronique.....	34,88	12,54	2,73	0,282	10,3
II. » subaiguë......	35,0	3,4	1,92	0,15	7,81
III. » aiguë.........	37,8	1,7	1,23	0,21	17,04
IV. » chronique.....	34,49	5,34	1,96	0,19	9,69

D'une ancienne lésion chronique sur un vieux taureau limousin, la

(1) M. Piettre et C. Roeland, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2283.

matière grasse isolée, par simple pression, possédait toutes propriétés organoleptiques d'un véritable beurre.

Indice d'iode.	Myristine.	Acides volatils solubles.	Acides volatils insolubles.	Rapport Müntz-Coudon.
47,97	4,6	0,565	0,264	46,88

Enfin, nous avons eu l'occasion d'étudier, dans une fracture esquilleuse récente du fémur chez un bœuf, la matière grasse échappée du canal médullaire et répandue en fins tortillons au milieu de l'énorme foyer hémorragique.

Indice d'iode.	Myristine.	Acides solubles.	Acides insolubles.	Rapport Müntz-Coudon.
35,13	1,85	2,8	0,158	5,64

Ce dernier cas montre que la butyrisation débute très vite dans les lésions inflammatoires aiguës.

Conclusion. — La présence de trimyristine dans les graisses pathologiques est l'indice d'une désintégration profonde de la molécule grasse; elle fait prévoir l'existence d'autres glycérides inférieurs, comme on en rencontre dans le lait.

La coexistence de ces glycérides inférieurs caractérise la *butyrisation.*

La butyrisation n'est pas une propriété absolument spéciale à la mamelle puisqu'on peut la constater dans d'autres tissus. Étant donnée l'abondance de leucocytes aussi bien dans le tissus adipeux enflammé que dans le parenchyme mammaire en activité, il paraît logique de songer à une action diastasique de ces éléments lymphatiques et peut-être même de tenter *in vitro* la butyrisation des graisses animales.

Le tissu adipeux, de composition relativement simple, permettrait sans doute d'étudier plus aisément que dans la mamelle, le mécanisme resté jusque-là inconnu de la butyrisation, c'est-à-dire de surprendre le processus chimique par lequel des chaînes longues en C^{16} et C^{18} sont fragmentées en de plus courts chaînons C^{14}, C^{10}, C^{8}, C^{6}, C^{4}, sans que paraisse avoir été touchée la fonction étherglycérique des graisses.

MÉDECINE. — *Action de l'arsenic sur le paludisme à* P. vivax. Note de M. E. **Marchoux**, présentée par M. Roux.

La fièvre intermittente peut être causée chez l'homme par trois parasites de caractères différents. L'un, *Plasmodium malariæ*, évolue en 72 heures et provoque la fièvre quarte; le deuxième, *P. vivax*, complète en 48 heures son cycle évolutif et cause la fièvre tierce bénigne; le troisième, *P. falciparum*, dont la durée d'évolution de 48 heures, présentant moins de fixité, subit généralement une avance et qui donne lieu à la fièvre dite tropicale ou tierce maligne. S'agit-il d'un seul et unique parasite susceptible de subir des variations morphologiques et biologiques suivant les circonstances, ou de trois parasites différents? La discussion à ce sujet n'est pas close et les biologistes se partagent encore en unicistes et en pluralistes.

Nous avons déjà fait connaître l'action rapide du stovarsol (acide acétylaminophénylarsinique) comme agent thérapeutique du paludisme à *P. vivax* ([1]). Il paraissait important de vérifier si cette activité remarquable se maintenait vis-à-vis du paludisme algérien. Grâce à l'aide précieuse que nous ont prêtée les autorités administratives, en même temps que nos collègues de l'Institut Pasteur d'Alger, les frères Sergent, et que nos confrères les docteurs Tardres et Vogt, nous avons pu disposer d'un vaste champ d'étude, à Marengo, chef-lieu de canton situé à l'extrémité occidentale de la riche plaine de la Mitidja.

136 personnes examinées nous ont fourni 44 porteurs de germes, dont 19 hébergeaient le *P. malariæ*, 13 le *P. falciparum* et 12 le *P. vivax*.

Le stovarsol a été employé sous deux formes :

1° En comprimés administrés par la bouche à la dose suffisante de 1^g chez les adultes, de $0^g,37$ à $0^g,50$ chez les enfants suivant leur âge.

2° Le stovarsol sodique dissous dans l'eau bidistillée a été injecté aux mêmes doses soit dans les veines, soit dans les muscles ou sous la peau.

Quelle que soit la forme employée ou le mode d'administration, le *P. vivax* disparaît rapidement, les deux autres hématozoaires ne sont pas touchés. Un malade porteur à la fois de *P. vivax* et de *P. falciparum* fut débarrassé du premier, mais conserva le second.

([1]) E. Marchoux et Cohen, *Le Stovarsol est contre le paludisme au moins aussi actif que la quinine* (*C. R. Soc. Biol.*, 1925, t. **92**, p. 132).

De ces observations thérapeutiques découlent deux conclusions :

1° Cette indifférence de *P. malariæ* et de *P. falciparum*, opposée à la sensibilité de *P. vivax*, constitue une preuve de plus en faveur de la pluralité des germes qui ne doivent point être regardés comme trois variétés de la même espèce, mais comme trois espèces distinctes.

2° Si la quinine s'est montrée active à la fois sur les trois parasites, il n'en est pas jusqu'ici de même en ce qui concerne l'arsenic. Depuis très longtemps l'arsenic est employé avec plus ou moins de succès par les thérapeutes. Nous voyons que les divergences de vues se justifient par l'action des composés arsenicaux employés jusqu'ici, action qui s'exerce exclusivement sur l'un des trois *Plasmodium* qui causent le paludisme, le *P. vivax*.

Dans la pratique comment le médecin qui ne dispose ni du temps, ni des moyens de faire un diagnostic microscopique, reconnaîtra-t-il qu'il convient d'administrer ce remède si actif? Le *P. vivax* est le seul qui provoque une hypertrophie notable de la rate. En sorte que le stovarsol est indiqué chaque fois que cet organe est perceptible à la palpation.

A $15^h 55^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de janvier 1925 (*suite et fin*).

Les huiles d'animaux marins, par Henri Marcelet. Paris et Liège, Ch. Béranger 1924; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. A. Haller.)

Les actualités de chimie contemporaine publiées sous la direction de A. Haller, 3e série, par A. Orékoff, P. Pascal, Frédéric Swarts, Ch. Courtot, G. Dupont et R. Locquin. Paris, Gaston Doin, 1925; 1 vol. 18cm,5. (Présenté par M. A. Haller.)

Encyclopédie de Mécanique appliquée. *Horlogerie et chronométrie*, par Jules Andrade. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1924; 1 vol. 23cm,5.

Flore générale de l'Indo-Chine publiée sous la direction de H. Lecomte. Tome troisième, fasc. V : *Composées* (fin), par F. Gagnepain; *Stylidiacées*, par P. Danguy. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 fasc. 25cm.

Au pays du champagne; *le vignoble*, *le vin*, par C. Moreau-Berillon. Reims, L. Michaud, 1925; 1 vol. 28cm,5. (Présenté par M. D. Berthelot.)

Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse publiés par la Commission géologique de la Société helvétique des sciences naturelles. *Der Bau der Alpen*, par Rudolf Staub. Berne, A. Francke, 1924; 1 vol. 32cm. (Présenté par M. P. Termier.)

Les notions fondamentales d'élément chimique et d'atome, par Georges Urbain. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 20cm.

A. B. C. mycologique, par Pierre Seyot. Nancy, Édition des arts graphiques modernes, 1924; 1 vol. 24×12,5. (Présenté par M. L. Mangin.)

Ostéites pianiques « Goundou », par Botreau-Roussel. Paris, Masson et Cie, 1925; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. F. Mesnil.)

Union internationale de la Chimie pure et appliquée. *Deuxième rapport de la Commission internationale des éléments chimiques; table internationale des poids atomiques*. Paris, 1925; 1 fasc. 27cm.

ERRATA.

(Séance du 24 novembre 1924.)

Note de MM. *M. Bourgeaud* et *A. Dondelinger*, Recherche sur la constante d'affinité de quelques bases organiques :

Page 1159, ligne 11, *au lieu de* ionique négative, *lire* ionique positive; ligne 12, *au lieu de* charge ionique positive, *lire* charge ionique négative.

Page 1160, ligne 6, *au lieu de* $9,3 \times 10^{-21}$, *lire* $9,3 \times 10^{-11}$; ligne 8, *au lieu de* diméthylaniline, *lire* diéthylaniline; ligne 15, *supprimer* III, *reporter* à la ligne 16; ligne 18, *ajouter* III; ligne 32, *au lieu de* éloignée, *lire* éloigné.

Page 1161, ligne 16, *au lieu de* Méthylindanylamine, *lire* Méthyldiindanylamine; ligne 25, *au lieu de* Löventierz, *lire* Löwenherz; ligne 27, *au lieu de* Farmer et Warsh, *lire* Farmer et Warth.

(Séance du 9 février 1925.)

Note de MM. *Fred Vlès* et *Edmond Vellinger*, Propriétés physico-chimiques de la gélatine : le pouvoir rotatoire :

Page 439, ligne 8 de la note, *au lieu de* superficielles à la dissociation, *lire* superficielles liées à la dissociation.

Note de M. *Ch. Lormand*, Analyses d'eaux thermales de Chaudesaigues (Cantal) :

Page 451, ligne 21, *au lieu de*

Fluor F..................	0,01	0,01

lire

Fluor F..................	0,001	0,001

Entre les lignes 27 et 28, *intercaler*

Anhydride carbonique CO^2..	0,76	0,850

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 MARS 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE. — *Équations différentielles des mouvements à deux paramètres doublement décomposables.* Note de M. G. Kœnigs.

1. L'étude des courbes et des surfaces dans l'espace euclidien a été ramenée par Ribaucour et Darboux à celle du mouvement, soit à un, soit à deux paramètres, d'un trièdre ou, suivant une autre terminologie, à celle du système binaire (A, B) formé par deux corps A et B, de liberté 1 et 2. L'extension des théories géométriques apparaît donc comme pouvant être réalisée par l'étude de systèmes plus compliqués tels que ceux où figureraient plusieurs corps dont la configuration, et les positions réciproques, dépendraient de un ou plusieurs paramètres indépendants. Je me propose de poursuivre ici le développement d'une notion que j'ai introduite, il y a quelques années, dans une Note des *Comptes rendus* [1]; je veux parler des mouvements à deux paramètres doublement décomposables. Dans la Note précitée, après avoir défini ces sortes de mouvement et montré leur lien avec la question des surfaces qui contiennent plusieurs familles de courbes égales pour une même famille, j'ai donné un exemple de ces mouvements et de ces surfaces. Je dois rappeler que l'étude de ces surfaces avait été mise au concours par l'Académie, mais qu'elle a été retirée depuis la mort de l'illustre géomètre Darboux qui avait bien vu l'intérêt de cette question et qui venait

(1) G. Kœnigs, *Sur les mouvements doublement décomposables et sur les surfaces qui sont le lieu de deux familles de courbes égales* (*Comptes rendus*, 157, 1913, p. 988).

de reprendre [1] lui-même d'une façon si brillante les surfaces à translations multiples de Sophus Lie, dont Poincaré lui aussi s'était déjà occupé [2]. Quelque temps après ma propre Note précitée, M. Raoul Bricard a publié une Note dans les *Comptes rendus* [3] où il donne un nouvel exemple de ces mouvements.

Je me propose ici de donner les équations différentielles dont dépend le problème général.

2. Je rappelle brièvement l'énoncé du problème. Deux corps B_1 et B_2 forment un système binaire à deux paramètres, ce qui signifie que leurs positions relatives dépendent de deux paramètres (*alias* encore, mouvement à deux paramètres). S'il existe un troisième corps A_1 tel que le mouvement $\boxed{B_1, A_1}$ de B_1 par rapport à A_1 ne dépende que d'un paramètre u_1 et, qu'en même temps, le mouvement $\boxed{A_1, B_2}$ de A_1 par rapport à B_2 ne dépende que d'un autre paramètre v_1 indépendant du premier, les positions de B_1 par rapport à B_2 dépendront des paramètres u_1 et v_1 à travers le corps A_1 et l'on dira, dans ce cas, que le mouvement $\boxed{B_1, B_2}$ de B_1 par rapport à B_2 est décomposable.

Tout point P_1 de B_1 décrit alors dans B_2 une surface qui est le lieu de la courbe que le point P_1 décrit dans le corps A_1. On voit là le lien avec la génération des surfaces par le mouvement d'une courbe de forme invariable.

Supposons maintenant qu'il existe un second corps tel que A_1; soient A_2 cet autre corps et u_2, v_2 les paramètres des mouvements $\boxed{B_1, A_2}$ et $\boxed{A_2, B_2}$. Le mouvement $\boxed{B_1, B_2}$ apparaît décomposable d'une autre manière, il est *doublement décomposable*. S'il existait plusieurs corps intermédiaires tels que A_1 et A_2, le mouvement $\boxed{B_1, B_2}$ serait décomposable autant de fois qu'il y aurait de ces corps et même une infinité de fois s'il existait une infinité de

---

[1] G. Darboux, *Sur les surfaces de translation* (*Comptes rendus*, 155, 1912, p. 1449).

[2] H. Poincaré, *Remarques diverses sur les fonctions abéliennes* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 5e série, 1, 1895, p. 219); *Sur les surfaces de translation et les fonctions abéliennes* (*Bulletin de la Société mathématique de France*, 29, 1901, p. 61).

[3] R. Bricard, *Sur un mouvement doublement décomposable* (*Comptes rendus*, 158, 1914, p. 110).

ces corps A_1. La surface trajectoire d'un point de B_1 dans le corps B_2 contiendra autant de familles de courbes égales.

3. L'établissement des équations différentielles dont dépend le problème cherché repose sur le théorème suivant, dont je donnerai seulement ici l'énoncé.

Si deux corps A et B forment un système binaire à k paramètres u_1, u_2, ..., u_k, le déplacement $\overrightarrow{PP'}$ infiniment petit d'un point P de A dans le corps B, pour des variations des u représentées par leurs différentielles, est le moment résultant par rapport à P d'un système de vecteurs-rotations dont les coordonnées, rapportées aux axes d'un trièdre $\mathfrak{T}_A$, lié au corps A, ont la forme suivante :

Projections de la somme géométrique de ces vecteurs sur les axes,

$$\Sigma P_n\, du_n, \quad \Sigma Q_n\, du_n, \quad \Sigma R_n\, du_n \qquad (n = 1, 2, \ldots, k).$$

Moments résultants des vecteurs-rotations par rapport aux axes du trièdre

$$\Sigma \Xi_n\, du_n, \quad \Sigma H_n\, du_n, \quad \Sigma Z_n\, du_n \qquad (n = 1, 2, \ldots, k),$$

les P_n, Q_n, R_n, Ξ_n, H_n, Z_n sont des fonctions de u_1, u_2, ..., u_n.

Cela posé, le théorème que je vais utiliser est le suivant :

Si l'on peut trouver des fonctions g_1, g_2, ..., g_n telles qu'aient lieu les relations simultanées

$$\Sigma g_k P_k = 0, \quad \Sigma g_k Q_k = 0, \quad \Sigma g_k R_k = 0,$$
$$\Sigma g_k \Xi_k = 0, \quad \Sigma g_k H_k = 0, \quad \Sigma g_k Z_k = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, n),$$

le nombre des paramètres u peut être réduit au moins d'une unité. La condition est nécessaire et suffisante.

On peut compléter cet énoncé par la remarque suivante. On a supposé le trièdre de coordonnées solidaire du corps A. Mais si l'on rapportait les coordonnées du système des rotations du mouvement $\boxed{A, B}$ à un trièdre quelconque, comme les coordonnées des rotations, lorsque l'on passe d'un trièdre à un autre, sont des fonctions linéaires et homogènes les unes des autres, le théorème s'applique à un trièdre quelconque, pourvu qu'il *s'agisse toujours du système des vecteurs-rotations relatif au mouvement* $\boxed{A, B,}$ de A par rapport à B.

4. Ceci posé, revenons au système de quatre membres formé des corps B_1, A_1, B_2, A_2; ceux qui sont contigus donnent lieu aux mouvements suivants : $\boxed{B_1, A_1}$ au paramètre u_1, $\boxed{A_1, B_2}$ au paramètre v_1, $\boxed{B_1, A_2}$

au paramètre u_2 et enfin $\boxed{A_2, B_2}$ au paramètre v_2. Par contre, les corps opposés, c'est-à-dire non contigus, donnent lieu à deux mouvements à deux paramètres, savoir : $\boxed{B_1, B_2}$ aux paramètres u_1, v_1 ou u_2, v_2, car u_2 et v_2 sont fonctions de u_1 et v_1, et réciproquement; de même $\boxed{A_1, A_2}$ aux paramètres u_1 et u_2. On voit que cette catégorie de chaînes cinématiques présente, en dehors de ses attaches géométriques, un réel intérêt mécanique.

Nous avons dit que u_2 et v_2 sont des fonctions de u_1 et de v_1. Sauf une exception banale, u_2 ne se réduit pas à une simple fonction de u_1, en sorte qu'il est permis de prendre, dans le problème, comme variables indépendantes, u_1 et u_2.

Le mouvement $\boxed{B_1, B_2}$ ayant pour paramètres u_1 et u_2, les coordonnées du système de vecteurs-rotations par rapport à un trièdre ϖ_1, solidaire du corps B_1, auront comme expressions

$$\begin{gathered} P_1\,du_1 + P_2\,du_2, \quad Q_1\,du_1 + Q_2\,du_2, \quad R_1\,du_1 + R_2\,du_2, \\ \Xi_1\,du_1 + \Xi_2\,du_2, \quad H_1\,du_1 + H_2\,du_2, \quad Z_1\,du_1 + Z_2\,du_2, \end{gathered}$$

conformément à ce qui a été dit plus haut. D'autre part, si l'on envisage le mouvement $\boxed{B_1, A_1}$, les vecteurs-rotations, dans ce mouvement, seront des fonctions p_1, q_1, r_1, ξ_1, η_1, ζ_1 de u_1, coordonnées prises par rapport au trièdre ϖ_1.

Les coordonnées, prises par rapport au même trièdre du système des vecteurs-rotations du mouvement $\boxed{A_1, B_2}$, seront, d'après les principes de la composition des systèmes de rotations :

$$\begin{gathered} (P_1 - p_1)\,du_1 + P_2\,du_2, \quad (Q_1 - q_1)\,du_1 + Q_2\,du_2, \quad (R_1 - r_1)\,du_1 + R_2\,du_2; \\ (\Xi_1 - \xi_1)\,du_1 + \Xi_2\,du_2, \quad (H_1 - \eta_1)\,du_1 + H_2\,du_2, \quad (Z_1 - \zeta_1)\,du_1 + \zeta_2\,du_2. \end{gathered}$$

Mais, comme le mouvement A_1, B_2 ne doit dépendre que d'un paramètre, ces rotations sont liées par une relation linéaire, en sorte que l'on a des relations de la forme

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} & P_1 - p_1 = m_2 P_2, \quad && Q_1 - q_1 = m_2 Q_2, \quad && R_1 - z_1 = m_2 R_2; \\ & \Xi_1 - \xi_1 = m_2 \Xi_2, && H_1 - \eta_1 = m_2 H_2, && Z_1 - \xi_1 = m_1 Z_2. \end{aligned} \right.$$

La considération du mouvement $\boxed{B_1, A_2}$ qui introduit un système de vecteurs-rotations p_2, q_2, r_2, ξ_2, η_2, ζ_2 fonctions de u_2, coordonnées prises encore par rapport au trièdre ϖ_1, permet d'écrire les relations analogues

à (1) :

(2) $$\begin{cases} P_2 - p_2 = m_1 P_1, & Q_2 - q_2 = m_1 Q_1, & R_2 - r_2 = m_1 R_1; \\ \Xi_2 - \xi_2 = m_1 \Xi_1, & H_2 - \eta_2 = m_1 H_1, & Z_2 - \zeta_2 = m_1 Z_1. \end{cases}$$

Des équations (1), (2) on tire les P_i, Q_i, R_i, Ξ_i, H_i, Z_i en fonction des p, q, r, ξ, η, ζ.

Posons

(3) $$\theta = \frac{1}{1 - m_1 m_2}, \qquad \theta_1 = \frac{m_1}{1 - m_1 m_2}, \qquad \theta_2 = \frac{m_2}{1 - m_1 m_2},$$

on trouve

(4) $$\begin{cases} P_1 = \theta p_1 + \theta_2 p_2, & Q_1 = \theta q_1 + \theta_2 r_2, & R_1 = \theta r_1 + \theta_2 r_2, \\ \Xi_1 = \theta \xi_1 + \theta_2 \xi_2, & H_1 = \theta \eta_1 + \theta_2 \eta_2, & Z_1 = \theta \zeta_1 + \theta_2 \zeta_2; \\ P_2 = \theta p_2 + \theta_1 p_1, & Q_2 = \theta q_2 + \theta_1 r_1, & R_2 = \theta r_2 + \theta_2 r_1, \\ \Xi_2 = \theta \xi_2 + \theta_1 \xi_1, & H_2 = \theta \eta_2 + \theta_1 \eta_1, & Z_2 = \theta \zeta_2 + \theta_1 \zeta_1. \end{cases}$$

Il est à noter que θ, θ_1, θ_2 sont liés par l'équation quadratique

(5) $$\theta(\theta - 1) - \theta_1 \theta_2 = 0.$$

On sait de plus que les P_i, Q_i, R_i, Ξ_i, H_i, Z_i doivent vérifier les six équations d'intégrabilité bien connues [1]

$$\frac{\partial P_1}{\partial u_2} - \frac{\partial P_2}{\partial u_1} = Q_1 R_2 - R_1 Q_2, \qquad \frac{\partial Q_1}{\partial u_2} - \frac{\partial Q_2}{\partial u_1} = R_1 P_2 - R_2 P_1,$$

$$\frac{\partial R_1}{\partial u_1} - \frac{\partial R_2}{\partial u_2} = P_1 Q_2 - Q_1 P_2, \qquad \frac{\partial \Xi_1}{\partial u_2} - \frac{\partial \Xi_2}{\partial u_1} = Q_1 Z_2 - Q_2 Z_1 - R_1 H_2 + R_2 H_1,$$

$$\frac{\partial H_1}{\partial u_2} - \frac{\partial H_2}{\partial u_1} = R_1 \Xi_2 - R_2 \Xi_1 - P_1 Z_2 + P_2 Z_1,$$

$$\frac{\partial Z_1}{\partial u_2} - \frac{\partial Z_2}{\partial u_1} = P_1 H_2 - P_2 H_1 - Q_1 \Xi_2 + Q_2 \Xi_1.$$

En portant dans ces équations d'intégrabilité les valeurs des P, Q, R, Ξ, H, Z fournies par les équations (4), et en posant

(6) $$L = \frac{\partial \theta}{\partial u_2} - \frac{\partial \theta_1}{\partial u_1}, \qquad M = \frac{\partial \theta}{\partial u_1} - \frac{\partial \theta_2}{\partial u_2},$$

nous trouvons les six équations cherchées du problème

(7) $$\begin{cases} L p_1 - M p_2 + \theta(r_1 q_2 - r_2 q_1) - \theta_1 p'_1 + \theta_2 p'_2 = 0, \\ L q_1 - M q_2 + \theta(p_1 r_2 - p_2 r_1) - \theta_1 q'_1 + \theta_2 q'_2 = 0, \\ L r_1 - M r_2 + \theta(q_1 p_2 - q_2 p_1) - \theta_1 r'_1 + \theta_2 r'_2 = 0; \end{cases}$$

(8) $$\begin{cases} L \xi_1 - M \xi_2 + \theta(q_2 \zeta_1 - q_1 \zeta_2 - r_2 \eta_1 + r_1 \eta_2) - \theta_1 \xi'_1 + \theta_2 \xi'_2 = 0, \\ L \eta_1 - M \eta_2 + \theta(r_2 \xi_1 - r_1 \xi_2 - p_2 \zeta_1 + p_1 \zeta_2) - \theta_1 \eta'_1 + \theta_2 \eta'_2 = 0, \\ L \zeta_1 - M \zeta_2 + \theta(p_2 \eta_1 - p_1 \eta_2 - q_2 \xi_1 + q_1 \xi_2) - \theta_1 \zeta'_1 + \theta_2 \zeta'_2 = 0. \end{cases}$$

---

(1) G. Darboux, *Leçons sur la théorie des surfaces*, 2e édition, 1, p. 64 et 75. — G. Kœnigs, *Leçons de cinématique théorique*, p. 230.

Dans ces formules, p'_1, q'_1, ..., ζ'_1 désignent des dérivées prises par rapport à u_1, et p'_2, q'_2, ..., ζ'_2 des dérivées prises par rapport à u_2.

Ces formules serviront de base à d'ultérieures Communications.

ASTRONOMIE. — *La photographie des étoiles en plein jour.* Note de M. **Maurice Hamy.**

A la suite d'expériences faites par A.-F. et F.-A. Lindemann, en Angleterre (¹), pour photographier les étoiles en plein jour, à travers un écran rouge foncé, en vue d'augmenter l'éclat relatif des étoiles par rapport à celui du fond du ciel (²), je me suis proposé d'étudier la question par des moyens physiques, évitant d'avoir recours à une grande lunette et ne nécessitant que l'emploi d'objets facilement transportables, dans une station quelconque. Le dispositif proposé antérieurement (³) consiste, en principe, à projeter sur le ciel, par l'intermédiaire d'une glace sans tain, l'image d'un filament de lampe à incandescence, placé derrière un coin photométrique, d'absorption variable, et à photographier cette image, en même temps que le fond du ciel, à travers un écran rouge foncé. On donne à l'objectif de la chambre une ouverture telle que le rapport obtenu, en divisant la distance de la plaque à l'objectif par son diamètre, égale le rapport de la longueur focale d'une lunette astronomique L donnée à son ouverture. D'autre part, on règle le voltage aux bornes du filament, de façon que le point le plus brillant de son image sur la plaque photographique, le ciel étant masqué, possède même intensité que l'image nocturne d'une étoile de première grandeur, dans la même lunette L. Enfin une division qui s'impressionne sur la plaque photographique, en même temps que l'image dégradée du filament, fait connaître les points de cette image possédant même intensité qu'une étoile de grandeur 1, 2, 3... au foyer de la lunette astronomique L, en pleine nuit.

Pour opérer, on photographie simultanément l'image du filament et du ciel, avec des temps de poses de durées croissantes. Après développement,

(¹) *Monthly Notices*, 77, 1916, p. 140.

(²) C'est une conséquence de recherches de Lord Rayleigh, d'après lesquelles le fond du ciel émet des radiations d'intensités proportionnelles à l'inverse de la quatrième puissance de la longueur d'onde L'application de cette propriété à la photographie astronomique en plein jour a depuis longtemps été signalée par M. Deslandres, particulièrement en ce qui concerne la couronne solaire.

(³) *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 691.

on cherche, sur les clichés, en quels points de la graduation les images du filament disparaissent dans le fond du ciel. Le numéro le plus élevé, relevé sur la chiffraison, fait alors connaître la limite de grandeur des étoiles photographiables, en plein jour, à travers l'écran rouge, au foyer de la lunette L, dans la région du ciel sur laquelle est projeté le filament de la lampe.

L'application de cette méthode a été faite, au cours des derniers étés, dans le massif du Mont-Blanc : à l'Aiguille du Goûter (3817^{m}), au Col du Tour (3282^{m}), à la Pointe d'Orny (3274^{m}), à la cabane Dupuis (3140^{m}), au glacier de Tête-Rousse (3167^{m}), etc. La pureté du ciel, au cours des expériences, était caractérisée par l'absence de toute trace d'auréole lumineuse autour du Soleil. En masquant l'astre avec la main, aucune illumination ne trahissait sa présence à proximité. Ainsi examiné, le fond du ciel, très près des bords du disque ou à quelques degrés, présentait exactement le même aspect.

La lampe employée était du type créé par notre confrère M. Cotton. Le filament rectiligne, de 45^{mm} de longueur, était alimenté par un courant d'un peu moins de 2^{A}, sous une différence de voltage aux extrémités montant à 3^{volts} seulement (voltage normal 5 à 6^{volts}). L'éclat du filament d'une lampe neuve ainsi excitée diminue d'abord légèrement, puis devient tout à fait constant après quelques heures de fonctionnement.

Deux sortes d'écrans rouges ont été utilisés : l'écran *z* de Wratten et un écran beaucoup plus foncé, aimablement préparé par notre confrère M. Louis Lumière.

Parmi les émulsions photographiques employées, je mentionnerai particulièrement des plaques spéciales gracieusement préparées par M. Louis Lumière et les plaques panchromatiques Ilford que l'on trouve dans le commerce. Les premières sont utilisables avec l'un et l'autre écran coloré, quitte à quadrupler la pose, pour l'écran le plus foncé; les secondes se prêtent mal à l'emploi de l'écran foncé. Avec l'écran Wratten, les plaques Ilford sont les plus sensibles, mais cet avantage diminue d'importance, à mesure que les temps de pose augmentent. Il finirait par disparaître et même à être renversé au profit de plaques Lumière, pour des expositions assez prolongées. Cette circonstance curieuse s'explique, en tenant compte d'une propriété des actions photographiques, connue sous le nom de loi de Schwarzschild. D'après cette loi, I étant l'intensité d'une source, t le temps de pose et α un cœfficient numérique, caractéristique de chaque marque de plaques, le produit It^{α} reste constant quand, pour obtenir des images de

même noircissement d'une source, au foyer d'un appareil donné, on fait varier I et t. Or il arrive que, pour les plaques Lumière, $\alpha = 1$, tandis que $\alpha = 0,8$ pour les plaques Ilford. C'est à ce fait qu'est due l'inversion de sensibilité signalée ci-dessus.

L'étalonnage du filament a été obtenu, en prenant comme lunette L le petit équatorial coudé ($0^m,27$ d'ouverture) de l'Observatoire de Paris, et celui du coin par des procédés classiques.

L'examen des clichés réalisés a montré, qu'en haute montagne, par ciel pur, si n est la limite de grandeur des étoiles photographiables en plein jour, à 90° du Soleil, dans le vertical de l'astre, la limite de grandeur de celles que l'on peut photographier près du Soleil ([1]), en abritant l'objectif de l'appareil contre les rayons de l'astre, est sensiblement $n - 1$. En plaine, la différence de grandeurs, à 90° et près du Soleil, est plus considérable. Elle dépend de l'éclat de l'auréole lumineuse qui entoure toujours le disque et dont on constate facilement l'existence, en masquant le Soleil avec la main, à longueur de bras. Par contre, les stations de haute montagne ne me paraissent pas jusqu'ici présenter d'avantages marqués sur celles établies en plaine, quand on opère, par ciel pur, à 90° du Soleil. Toutefois, il convient de remarquer que les plaques photographiques, utilisées par des températures toujours basses, en haute montagne, changeant de propriétés quand on les emploie en plaine, à température plus élevée, peut-être ce dernier résultat tomberait-il en ruines si l'on arrivait à porter les plaques photographiques à la même température pendant la pose, dans l'une et l'autre station.

En ce qui concerne la limite absolue de grandeur des astres photographiables, en plein jour, les résultats auxquels je suis parvenu me paraissent encore douteux. D'après des considérations théoriques, j'ai reconnu la nécessité de transformer, en certains points, la méthode rappelée au commencement de la présente Note, pour obtenir des résultats nets à cet égard. Il faut tenir compte du fait expérimental que l'image photographique d'une étoile, même faiblement impressionnée, après une pose d'une certaine durée, se présente sous forme d'une tache de diamètre supérieur au pouvoir optique de la lunette d'observation, à cause des ondulations continuelles de l'image réelle instantanée, imputables aux petites perturbations atmosphériques. Cette circonstance fait que les conditions de visibilité des étoiles, en plein jour, ne coïncident nécessairement pas avec celles qui se

(1) Ce résultat suppose l'astre suffisamment élevé au-dessus de l'horizon.

rapportent à la photographie. D'autre part, le tarage de l'éclat du filament, exécuté dans une station (Paris dans la circonstance) avec une étoile de première grandeur, ne correspond pas nécessairement au tarage exécuté dans une autre station, où les étoiles peuvent être beaucoup plus brillantes à égalité de grandeurs (haute montagne). Ces motifs, joints à des considérations pratiques, m'ont conduit à modifier assez profondément le dispositif avec lequel j'ai obtenu les résultats, d'ordre relatif, énoncés dans la présente Note.

M. **Moureu**, en présentant à l'Académie la huitième édition de ses *Notions fondamentales de Chimie organique*, s'exprime en ces termes :

Les récents progrès de la Science m'ont amené, dans cette nouvelle édition, à compléter ou à refondre certaines parties, notamment celles qui concernent la valence, la catalyse, les hydrocarbures acétyléniques, les terpènes, les sucres et glucosides, les diazoïques, les composés organo-métalliques.

On y trouvera mentionnées, en outre, différentes réactions qui ont acquis dans ces derniers temps une grande importance : synthèses industrielles de l'alcool méthylique, de l'acide acétique, etc.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'une courte étude que je viens de publier sur *Le sou des Laboratoires*. En vertu de l'article 24 *bis* de la loi de Finances voté par la Chambre et appuyé par des Députés de tous les partis de l'Assemblée, il sera prélevé sur tous les salaires industriels et commerciaux 5 centimes par 100 francs au profit de la recherche scientifique et des laboratoires. Le produit de ce prélèvement a été évalué à environ 14 millions. La répartition de cette somme sera faite par des dispositions législatives et le surplus sera attribué à la Caisse des recherches scientifiques.

ÉLECTIONS.

Par 49 suffrages, contre 1 à M. *Henry Scott* et 1 bulletin blanc, M. **Roland Thaxter** est élu Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *De-Toni*, décédé.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des commissions de prix de 1925, ouvert en la séance du 23 février, est clos en celle du 2 mars.

48 cahiers de vote sont déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Bordin, Francœur.* — MM. Appell, Painlevé, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue; Boussinesq, Émile Picard, Lecornu.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Hamy, Kœnigs.

II. Mécanique. — *Prix Montyon, Poncelet, Pierson-Perrin.* — MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Mesnager; Émile Picard, Appell, Rateau.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Breton, d'Ocagne.

III. Astronomie : *Prix Lalande, Benjamin Valz, Pierre Guzman, G. de Pontécoulant.* — MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer; Boussinesq, Émile Picard, Appell.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lebesgue, Cotton.

IV. Géographie : *Prix Gay, fondation Tchihatchef.* — MM. Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Gentil, Fichot; Guignard, Douvillé, Lecomte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mangin, Termier.

V. Navigation : *Prix de six mille francs, Plumey.* — MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Mesnager, Ferrié, Gentil, Fichot; Émile Picard, Rateau, Laubeuf.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Borel.

VI. Physique : *Prix Kastner-Boursault, Gaston Planté, Hébert, Henri de Parville, Hughes, fondation Clément Félix.* — MM. Villard, Branly, Daniel Berthelot, Brillouin, Jean Perrin, Cotton; Boussinesq, Émile Picard, Paul Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Breton, de Broglie.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Berthelot. Houzeau.* — MM. Haller, Le Chatelier, Moureu, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand; Schlœsing, Lindet, Desgrez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, A. Lacroix,

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Cuvier, Delesse, Victor Raulin, Joseph Labbé.* — MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug; A. Lacroix, Depéret, Kilian.

A obtenu ensuite le plus de suffrages : M. Gentil.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, Jean Thore, de la Fons Mélicocq, de Coincy, Jean de Rufz de Lavison.* — MM. Guignard, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Molliard; Bouvier, A. Lacroix, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Flahault, Gabriel Bertrand.

X. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, fondation Savigny.* — MM. Bouvier, Henneguy, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier; d'Arsonval, A. Lacroix, Douvillé.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mangin, Charles Richet.

XI. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Mège, Dusgate, Bellion, Larrey, Argut, Charles Mayer.* — MM. d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Vincent; Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Leclainche, Desgrez.

XII. Physiologie : *Prix Montyon, Pourat, Philipeaux, Fanny Emden.* — MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Charles Richet, Quénu, Widal.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bazy, Mesnil.

XIII. *Fonds Charles Bouchard.* — MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Mangin, Branly, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent.

XIV. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Tisserand, Lecomte, Émile Borel, d'Ocagne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lecornu, Lebesgue.

XV. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bouvier, Bigourdan, de Launay, Daniel Berthelot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Kœnigs, Émile Borel.

XVI. Ouvrages de science : *Prix Henri de Parville, Jeanbernat-Doria.* —

MM. Bouvier, Lallemand, Émile Picard, A. Lacroix; Appell, Moureu, Paul Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Borel, Breton.

XVII. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.* — MM. Bouvier, Lallemand, Émile Picard, A. Lacroix.

XVIII. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel.* — MM. Bouvier, Lallemand, Émile Picard, A. Lacroix, Appell, Guignard.

XIX. *Prix fondé par l'État :* GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES. — MM. d'Arsonval, Guignard, A. Lacroix, Douvillé, Le Chatelier, Henneguy, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Barrois, de Launay.

XX. *Prix Lallemand.* — MM. d'Arsonval, Bouvier, Henneguy, Marchal, Charles Richet, Joubin, Mesnil.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Widal, Gravier.

XXI. *Prix Petit-d'Ormoy :* SCIENCES MATHÉMATIQUES PURES OU APPLIQUÉES. — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Painlevé, Bigourdan, Lecornu, Émile Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Kœnigs, d'Ocagne.

XXII. *Prix Petit-d'Ormoy :* SCIENCES NATURELLES. — MM. Guignard, Roux, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Mangin, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Henneguy, Mesnil.

XXIII. *Prix Saintour.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bigourdan, Baillaud, Kœnigs, Émile Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Hamy, Puiseux.

XXIV. *Prix Lonchampt.* — MM. Guignard, Roux, A. Lacroix, Mangin, Charles Richet, Leclainche, Gabriel Bertrand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Henneguy, Marchal.

XXV. *Prix Henry Wilde.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Guignard, A. Lacroix, Bigourdan, Kœnigs, Émile Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Hamy, Puiseux.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Essais de détermination du prix de revient des transports par chemins de fer. Esquisse d'une tarification résultant de la connaissance du prix de revient*, par Mlle Thérèse Leroy. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

2° *La rotation du matériel dans les chemins de fer considérée au point de vue de la détermination du prix de revient des opérations qu'elle comporte*, par Mlle Thérèse Leroy. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

3° *Essai mathématique sur les prix de revient des transports par chemin de fer*, par Mlle Thérèse Leroy. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

4° *Recherches sur l'exploitation et l'utilisation industrielle des principales Laminaires de la côte bretonne*, par M. P. Freundler et Mlle Y. Ménager. (Présenté par M. L. Joubin.)

5° Deux Mémoires intitulés : *Recherches sur la variation de l'iode chez les principales Laminaires de la côte bretonne*, l'un par M. P. Freundler et Mlle Y. Ménager; l'autre par M. P. Freundler, Mlles Y. Ménager et Y. Laurent. (Présenté par M. L. Joubin.)

6° *Recherches sur les transformations et la nature de l'iode des* Laminaria flexicaulis, par M. P. Freundler et Mlles Y. Menager, Y. Laurent et J. Lelièvre. (Présenté par M. L. Joubin.)

7° Th. De Donder. *Théorie mathématique de l'Électricité*. Première Partie : *Introduction aux équations de Maxwell*. (Présenté par M. G. Kœnigs.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une méthode d'intégration par approximations successives des systèmes d'équations aux dérivées partielles de forme résolue.* Note de M. **R.-H. Germay**.

La méthode des approximations successives de M. Picard permet de former, à telle approximation que l'on veut, des équations définissant comme fonctions implicites l'intégrale de Cauchy z d'une équation aux dérivées partielles du premier ordre

$$(1) \qquad \frac{\partial z}{\partial x_1} = f\left(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, \frac{\partial z}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial z}{\partial x_n}\right)$$

et ses dérivées partielles $\frac{\partial z}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial z}{\partial x_n}$ quand f et la fonction χ à laquelle se réduit l'intégrale pour $x_1 = x_1^0$ sont holomorphes ([1]).

Cette remarque s'étend aux systèmes d'équations aux dérivées partielles du premier ordre de forme résolue

$$(2) \quad \frac{\partial z_j}{\partial x_1} = f_j\left(x_1, x_2, \ldots, x_n; z_1, \ldots, z_k; \frac{\partial z_1}{\partial x_2}, \ldots; \frac{\partial z_1}{\partial x_n}, \ldots; \frac{\partial z_k}{\partial x_2}, \ldots; \frac{\partial z_k}{\partial x_n}\right) \quad (j = 1, 2, \ldots, k).$$

Soient $\chi_1, \ldots, \chi_k$ les fonctions holomorphes de $x_2, \ldots, x_n$ auxquelles se réduisent pour $x_1 = x_1^0$ les intégrales de Cauchy $Z_1, \ldots, Z_j, \ldots, Z_k$ du système (2).

On obtient une première approximation des Z_j en cherchant les intégrales z_{j0} des équations séparées

$$(3) \quad \frac{\partial z_j}{\partial x_1} = f_j\left(x_1, \ldots, x_n, \chi_1, \ldots, \chi_{j-1}, z_j, \chi_{j+1}, \ldots, \chi_k; \frac{\partial \chi_1}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial \chi_{j-1}}{\partial x_2}; \frac{\partial z_j}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial z_j}{\partial x_n}; \frac{\partial \chi_{j+1}}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial \chi_k}{\partial x_n}\right) \quad (j = 1, 2, \ldots, k),$$

se réduisent respectivement aux χ_j pour $x_1 = x_1^0$ ([2]).

z_{j0} et ses dérivées partielles $\frac{\partial z}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial z}{\partial x_n}$ sont définies par les équations

$$(4) \quad W_{j,s_0}^0\left(x_1, \ldots, x_n, z_{j0}, \frac{\partial z_{j0}}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial z_{j0}}{\partial x_n}\right) = 0 \qquad (j = 1, \ldots, k;\ s_0 = 1, \ldots, n)$$

que nous pouvons former avec telle approximation que nous voulons.

Il faut intégrer ensuite les équations séparées

$$(5) \quad \begin{cases} \frac{\partial z_j}{\partial x_1} = f_j\left(x_1, \ldots, x_n, z_{10}, \ldots, z_{j-1,0}, z_j, \ldots, z_{j+1,0}, z_{k0}; \frac{\partial z_{10}}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial z_{j-1,0}}{\partial x_n}; \frac{\partial z_j}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial z_j}{\partial x_2}; \frac{\partial z_{j+1,0}}{\partial x_n}, \ldots, \frac{\partial z_{k0}}{\partial x_n}\right) \\ (j = 1, 2, \ldots, k) \end{cases}$$

moyennant les équations (4).

([1]) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2225.

([2]) R.-H. GERMAY, *Intégration par approximations successives des équations aux dérivées partielles* (*Mémoires de la Société Royale des Sciences de Liége*, 3e série, **12**, 1924, p. 30).

On ajoute aux kn équations (4) une nouvelle équation

$$(6)\quad \begin{cases} \Omega^0_{j,nk+1}\left(x_1, \ldots, x_n, z_{10}, \dfrac{\partial z_{10}}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial z_{10}}{\partial x_n}; \ldots; z_{k0}, \dfrac{\partial z_{k0}}{\partial x_2}, \ldots; \dfrac{\partial z_{k0}}{\partial x_n}, z_{j1}\right) = 0 \\ (j = 1, \ldots, k) \end{cases}$$

permettant de définir z_{j1} en fonction implicite de $x_1, \ldots, x_n$ quand les $z_{10}, \ldots, \dfrac{\partial z_{k_0}}{\partial x_n}$ sont exprimées, par rapport aux x, au moyen des équations (4). On est conduit à intégrer les équations séparées

$$(7)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial x_1} = F^0_{j,nk+1}\Bigg[x_1, \ldots, x_n; z_{10}, \dfrac{\partial z_{10}}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial z_{10}}{\partial x_n}; \ldots, z_{k0}, \dfrac{\partial z_{k0}}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial z_{k0}}{\partial x_n}, x_{j1}; \\ \qquad \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial x_n}, \\ \qquad \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial z_{10}}, \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial \left(\dfrac{\partial z_{10}}{\partial x_2}\right)}, \ldots, \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial \left(\dfrac{\partial z_{10}}{\partial x_n}\right)}, \\ \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \qquad \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial z_{k0}}, \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial \left(\dfrac{\partial z_{k0}}{\partial x_2}\right)}, \ldots, \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial \left(\dfrac{\partial z_{k0}}{\partial x_n}\right)}, \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial z_{j1}}\Bigg] \\ (j = 1, \ldots, k), \end{cases}$$

où $x_1, \ldots, x_n, z_{10}, \dfrac{\partial z_{10}}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial z_{k_0}}{\partial x_n}, z_{j1}$ jouent le rôle de variables indépendantes. Comme plus haut, on peut former, à telle approximation que l'on veut, des équations

$$(8)\quad \begin{cases} W^1_{j,s_1}\left(x_1, \ldots, x_n, z_{10}, \dfrac{\partial z_{10}}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial z_{10}}{\partial x_n}; \ldots; z_{k0}, \dfrac{\partial z_{k0}}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial z_{k0}}{\partial x_n}, z_{j1}, \right. \\ \qquad \left. \partial\Omega^0_{j,nk+1}, \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial z_{j1}}\right) = 0 \\ [j = 1, \ldots, k;\ s_1 = 1, \ldots, n(k+1)]. \end{cases}$$

définissant $\Omega^0_{j,nk+1}, \dfrac{\partial \Omega^0_{j,nk+1}}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial \Omega^0_{j,1+nk}}{\partial z_{j1}}$ comme fonctions implicites de

$$x_1, \ldots, x_n, \quad z_{10}, \ldots, z_{j1}.$$

On intégrera ensuite les équations séparées

$$(9)\quad \dfrac{\partial z_j}{\partial x_1} = f_j\left(x_1, \ldots, x_n; z_{11}, \ldots, z_{j-1,1}, z_j, z_{j+1,1}; \ldots, z_{k1}; \right. \\ \left. \dfrac{\partial z_{11}}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial z_{j-1,1}}{\partial x_n}; \dfrac{\partial z_j}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial z_j}{\partial x_n}; \dfrac{\partial z_{j+1,1}}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial z_{k,1}}{\partial x_n}\right) \quad (j = 1, \ldots, k)$$

moyennant les équations (4), (6) et (8), en utilisant deux fois de suite le procédé ci-dessus. On se rend immédiatement compte que la méthode s'applique de proche en proche au calcul des approximations $z_{j\mu}$ d'un rang quelconque des intégrales Z_j. Elle dispense des résolutions successives des systèmes d'équations indiqués dans une Note antérieure [1]. Moyennant un changement de notations, elle s'adapte aux systèmes d'équations aux dérivées partielles étudiés par Mme de Kowalewski.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le prolongement analytique des fonctions monogènes au sens de Cauchy en fonctions isogènes au sens de M. Volterra.* Note de M. **Mandelbroit**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. On dit que deux fonctions complexes continues des points d'une surface $f(P)$ et $\varphi(P)$ sont en liaison de monogénéité si le rapport

$$\Delta\varphi : \Delta f = [\varphi(P') - \varphi(P)] : [f(P') - f(P)]$$

tend vers une limite bien déterminée quand P′ tend vers P, indépendamment du chemin que décrit P′.

Soient $\psi|[L]$ et $\chi|[L]|$ deux fonctionnelles complexes définies dans le champ des courbes fermées L de l'espace ordinaire. Outre les conditions de continuité et de dérivabilité fonctionnelles, on supposera les deux fonctionnelles *additives* [2]. M étant un point d'une courbe L, remplaçons un petit arc m, passant par M, par un arc voisin m'. Si le rapport $(\psi' - \psi) : (\chi' - \chi)$ (où ψ' et χ' sont les valeurs de ψ, χ après le changement) tend vers une limite bien déterminée indépendamment de la normale à la surface Σ menée entre m et m', quand cette surface Σ tend vers le point M, on dit que ψ et χ sont en liaison d'isogénéité [2].

2. On va voir que les fonctionnelles isogènes peuvent être regardées comme déduites des fonctions monogènes sur une surface, par un procédé tout analogue au prolongement analytique. Partons d'un cas simple du prolongement analytique classique. Soit x une variable réelle parcourant un segment d'une droite L. Soit Ω un plan dont un point quelconque sera désigné par $M(x_1, x_2)$. Nous écrirons $(x)_1^M$, $(x)_2^M$ pour désigner la première et la deuxième coordonnée de ce point. Soit

---

(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1580.

(2) Volterra, *Sur une généralisation de la théorie des fonctions d'une variable imaginaire* (*Acta mathematica*, 12, 1889, p. 233).

$F(x_1+ix_2)=F(M)$ une fonction analytique définie dans une partie du plan Ω contenant l'ensemble de points M (x_1, x_2) $[(x)_1^M = x, (x)_2^M = \text{const.} = a]$, et telle que pour ce dernier ensemble on ait $F(M)=f(x)$. On dit, alors, qu'on a prolongé la fonction $f(x)$ dans le plan. On prend en général $a = 0$, mais en supposant a quelconque on a la même fonction à une translation de la variable indépendante près.

3. S étant une surface dans l'espace à trois dimensions, considérons la classe suivante de courbes fermées : 1° Par chaque point Q de la surface S passe une courbe C et une seule de cette classe (C), C et S n'ayant en commun que le point Q. 2° Il existe un arc commun à toutes les courbes de cette classe. C(Q) étant une courbe de (C) passant par Q désignons par $(AB)_{C(Q)}$ son arc ayant pour extrémités les points A et B et ne passant pas par Q. Par $(\overline{AB})_{C(Q)}$ désignons l'arc complémentaire [arc de C(Q) ayant les mêmes extrémités et passant par Q]. Nous supposerons encore que 3° Q_1 étant un point fixe quelconque de S, il suffit qu'un point variable Q de cette surface soit à une distance géodésique de Q_1 inférieure à un nombre convenablement choisi, pour que $(AB)_{C(Q)}$ coïncide avec $(AB)_{C(Q_1)}$, les longueurs de $(\overline{AB})_{C(Q)}$ et de $(\overline{AB})_{C(Q_1)}$ devenant aussi petites qu'on veut.

On peut démontrer que : *ψ et χ étant deux fonctionnelles isogènes entre elles, définies pour toutes les courbes fermées de l'espace, les égalités*

$$(1) \qquad \varphi(Q)=\psi|[C(Q)]|, \qquad f(Q)=\chi|[C(Q)]|$$

définissent, sur S, *deux fonctions φ et f monogènes entre elles.*

4. Prenant le point Q comme origine pour mesurer la longueur de la courbe C(Q) et ayant au préalable choisi une direction positive sur l'arc l commun pour toutes les courbes C, soit s la longueur de l'arc compris entre un point (x, y, z) de cette courbe et l'origine Q. Soit L la longueur totale de cette courbe. Nous supposerons que les coordonnées d'un point (x, y, z) de la courbe C sont exprimées en fonctions de la variable $t = \frac{s}{L}$ $(0 \leq t < 1)$, $x = x(\psi), y = y(\psi), z = z(\psi)$. Une courbe C(Q) peut être envisagée comme un point à une infinité continue de dimensions, une coordonnée correspondant à un indice t_0 étant individualisée par trois nombres $x(t_0)$, $y(t_0)$, $z(t_0)$. Désignons un tel point par $C(x, y, z)_t$ $(0 \leq t < 1)$. La « coordonnée » d'un point C(Q) correspondant à l'indice t_0 sera désignée par $(x, y, z)_{t_0}^{C(Q)}$. L'ensemble de valeurs de x, y, z, qui constituent les points de la surface S est identique à l'ensemble de « coordonnées » de tous les « points » C correspondant à l'indice $t = 0$. On peut écrire

symboliquement $(x, y, z)_0^{C(Q)} = (x, y, z)$ (quand nous n'écrirons pas d'indices nous aurons en vue les points de la surface S).

Si l'on suppose que deux courbes quelconques $C(Q)$ et $C(Q_1)$ de (C) sont déduites l'une de l'autre par transformation de l'arc non commun $(\overline{AB})_{C(Q)}$ en $(\overline{AB})_{C(Q_1)}$ sans changer sa longueur, le point Q de C(Q) venant en Q_1, on peut facilement vérifier et comprendre le sens du fait suivant : *La classe* (C) *définit une variété de points à une infinité de dimensions, tels que dans un voisinage infiniment petit d'un point quelconque de la surface* S, *les coordonnées* $(x, y, z)_t^{C(Q_1)}$ *du point* $C(Q_1)$, Q_1 *étant dans le voisinage de* Q *et t différent de* O, *soient « constantes », tandis qu'au contraire la coordonnée* $(x, y, z)_0^{C(Q_1)}$ *de ce point* $C(Q_1)$ *coïncide avec la coordonnée* (x, y, z) *du point* Q_1 *de la surface* S [1]. Ce qu'on peut écrire symboliquement :

$$(x, y, z)_0^{C(Q_1)} = (x, y, z), \qquad (x, y, z)_t^{C(Q_1)} = a(t) \qquad (0 < t < 1),$$

$a(t)$ variant avec t mais restant invariant par rapport à $C(Q_1)$ quand le point Q_1 de S se trouve dans un voisinage d'un point Q quelconque de cette surface pris une fois pour toutes. L'égalité (I) peut donc s'écrire

$$(\text{I}') \begin{cases} \varphi(x, y, z) = \psi\,|\,[C(x, y, z)_t]. \\ f(x, y, z) = \chi\,|\,[C(x, y, z)_t]\,|\,[(x, y, z)_0^c = (x, y, z),\ (x, y, z)_t^c = a(t)(0 < t < 1)]. \end{cases}$$

En supposant le théorème du n° 3 où l'on a remplacé (I) par (I′) avec le n° 2 on voit que ce théorème nous permet de dire que le couple des fonctionnelles isogènes ψ et χ est engendré par « un prolongement analytique » du couple des fonctions monogènes φ et f.

5. Dans un espace à n dimensions $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ deux variétés

$$x_1 = a_1, \quad x_2 = a_2, \quad \ldots, \quad x_{n-1} = a_{n-1} \quad (x_n = x \text{ variable})$$

et

$$x_1 = a'_1, \quad x_2 = a'_2, \quad \ldots, \quad x_{n-1} = a'_{n-1} \quad (x_n = x)$$

sont parallèles; de même, on peut dire que [d'après (I′)] *deux classes différentes* (C) (avec la précision du n° 4) *construites partant d'une même surface* S *forment deux variétés parallèles* [correspondant une à $a(t)$, l'autre à $a'(t)$].

Étant donnée une fonction analytique F(M) définie dans une partie du plan, deux égalités telles que :

$$F(M) = f(x)[(x)_1^M = a,\ (x)_2^M = x],$$
$$F(M) = f(x)[(x)_1^M a^1,\ (x)_2^M = x]$$

[1] L'indice $t = 1$ n'intervient pas. Nous considérons l'intervalle $(0 \leqq t < 1)$.

donnent pour $f(x)$ la même fonction analytique, à une translation de la variable indépendante près; on peut donc dire, d'après ce que nous venons de voir, que deux couples de fonctions monogènes φ, f et φ_1, f_1 qui peuvent engendrer le même couple de fonctions isogènes ψ et χ par le moyen de deux classes différentes (C) diffèrent seulement par une translation de la variable indépendante (les courbes fermées).

On peut aussi donner les conditions pour que ψ et χ soient déterminées d'une seule manière quand on fixe φ et f.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales quadratiques des équations de la Mécanique.* Note [1] de M. **René Lagrange**, présentée par M. Émile Borel.

Parmi les ds^2 dont les géodésiques possèdent une intégrale quadratique, une classe importante, considérée par Levi-Civitá [2], est celle des ds^2 qui peuvent se mettre sous la forme

$$ds^2 = \sum_{i=1}^{n} g_i(x_1, x_2, \ldots, x_n)\, dx_i^2,$$

et admettent une intégrale quadratique de la forme

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i(x_1, x_2, \ldots, x_n)\, g_i \left(\frac{dx_i}{ds}\right)^2.$$

Si l'on désigne par τ_{ikh} et τ_{hl}^{ik} les rotations et les symboles de Riemann [3] du système des n formes de Pfaff $d\omega_i = g_i\, dx_i$, les conditions pour que ces formes de Pfaff définissent un ds^2 de cette classe s'écrivent

$$(1) \qquad \begin{cases} \tau_{ikh} = 0 & (i,\ k,\ h \text{ distincts}), \\ \tau_{ih}^{ik} = 3(\tau_{iki}\tau_{khk} + \tau_{ihi}\tau_{hkh} - \tau_{iki}\tau_{ihi}) & (k \neq h), \\ \dfrac{\partial \tau_{iki}}{\partial \omega_i} = 3\tau_{iki}\tau_{kik}. \end{cases}$$

Les coefficients λ_i qui définissent l'intégrale quadratique sont alors donnés

(1) Séance du 16 février 1925.

(2) Cf. Levi-Civita, *Sur les intégrales quadratiques des équations de la Mécanique* (*Comptes rendus*, 124, 1897, p. 392-395).

(3) Cf. Lagrange, *Sur le calcul différentiel absolu* (*Thèse*, p. 4-14).

par le système d'équations

$$(2) \qquad \frac{\partial \lambda_i}{\partial \omega_k} = -2(\lambda_i - \lambda_k)\tau_{iki} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, n),$$

complètement intégrables d'après (1), et dépendent donc de n constantes arbitraires.

Cette classe de ds^2 comprend comme cas particulier les ds^2 de Liouville, représentables conformément sur un ds^2 euclidien, et dépendant, comme on sait, de n fonctions arbitraires d'un argument. Cette simple remarque est susceptible de généralisation et l'on peut énoncer le théorème suivant :

Étant donné un ds^2 de la classe (I), *il existe une infinité de ds^2 de cette classe, qui sont représentables conformément sur lui; ces ds^2 dépendent de n fonctions arbitraires d'un argument et les intégrales quadratiques relatives à chacun d'eux se déduisent de celles du ds^2 primitif par de simples quadratures.*

Il faut démontrer l'existence d'une fonction $u(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ telle que le système des formes de Pfaff

$$d\Omega_i = \sqrt{u}\, d\omega_i$$

vérifie, lui aussi, les conditions (I). L'écriture de ces conditions conduit aux équations aux dérivées partielles du second ordre

$$(3) \qquad u_{ik} = 3(\tau_{iki} u_i + \tau_{kik} u_k) \qquad (i \neq k),$$

dans lesquelles u_i et u_{ik} désignent les dérivées absolues (1) de u par rapport aux $d\omega_i$. Ce système est complètement intégrable en vertu des équations (1) et son intégrale générale dépend bien de n fonctions arbitraires d'un argument.

Soit

$$dS^2 = \Sigma\, d\Omega_i^2$$

un de ces nouveaux ds^2. Les coefficients μ_i, d'une intégrale quadratique

$$(4) \qquad \sum_i \mu_i \left(\frac{d\Omega_i}{dS}\right)^2$$

de ses géodésiques, doivent vérifier les équations analogues aux équa-

(1) Cf. LAGRANGE, *loc. cit.*

tions (2). En utilisant le système des $d\omega_i$, elles s'écrivent

$$(5) \qquad \frac{\partial \mu_i}{\partial \omega_k} = \left(\frac{u_k}{u} - 2\tau_{iki}\right)(\mu_i - \mu_k).$$

Or, la fonction u étant choisie, ces équations s'intègrent immédiatement si l'on sait intégrer les équations (2). En effet, les équations (3) expriment que l'expression

$$(6) \qquad dv = \sum_i \lambda_i u_i \, d\omega_i$$

est une différentielle exacte, et les fonctions

$$(7) \qquad \mu_i = \lambda_i u - v$$

sont des intégrales de (5). Elle en constituent bien l'intégrale générale car les λ_i contiennent n constantes arbitraires, dont l'une, additive, disparaît dans (7), mais est remplacée par la constante d'intégration de v.

Si les $d\omega_i$ sont les différentielles exactes dx_i, on retrouve les propriétés bien connues des ds^2 de Liouville. Si le ds^2 primitif est un ds^2 de Staeckel, les résultats sont également simples, car on peut également intégrer le système (3).

Soient en effet $\varphi_{ik}(x_i)$ les n^2 fonctions qui permettent de construire un ds^2 de Staeckel ([1]), et φ^{ik} le système réciproque. Le ds^2 en question sera, par exemple,

$$(8) \qquad ds^2 = \sum_i \frac{dx_i^2}{\varphi^{i1}}.$$

On a donc ici

$$d\omega_i = \frac{dx_i}{\sqrt{\varphi^{i1}}},$$
$$\tau_{iki} = \frac{1}{2}\frac{\partial \log \varphi^{i1}}{\partial \omega_k} \qquad (i \neq k),$$

et l'intégrale générale des équations (3) est alors

$$u = \sum_i \varphi^{i1} \psi_i(x_i),$$

les $\psi_i(x_i)$ étant n fonctions arbitraires d'un argument.

Les nouveaux ds^2 sont donc des ds^2 de Staeckel, dont les fonctions géné-

---

([1]) Cf. STAECKEL, *Comptes rendus*, **121**, 1895, p. 489-492.

ratrices sont

$$\psi_{i1}(x_i) = \psi_i(x_i),$$
$$\psi_{ik}(x_i) = \varphi_{ik}(x_i) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n;\ k = 2, 3, \ldots, n),$$

et l'on peut énoncer le théoréme :

Les ds^2 de la classe (I), *représentables conformément sur un ds^2 de Staeckel, sont les ds^2 de Staeckel que l'on obtient en remplaçant dans le groupe des fonctions génératrices $\varphi_{ik}(x_i)$, les fonctions $\varphi_{i1}(x_i)$ par n fonctions arbitraires $\psi_i(x_i)$.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les limites approximatives* (asymptotiques). Note [1] de M. ST. KEMPISTY, présentée par M. Émile Borel.

1. Considérons une fonction mesurable $f(x)$, presque partout finie dans l'intervalle (a, b). Nous allons appeler *borne inférieure à densité* $\lambda\ (0 < \lambda < 1)$ de $f(x)$ dans l'intervalle (x_1, x_2) faisant partie de (a, b), le nombre $m(x_1, x_2, \lambda)$, égal à la borne supérieure (et en même temps le plus grand) des nombres y tels que

$$\text{mes.}_{x_1}^{x_2} E_x[f(x) < y] \leqq \lambda(x_2 - x_1) \quad (^2).$$

La *borne supérieure* à densité λ, $M(x_1, x_2, \lambda)$, sera, par raison de symétrie, égale au plus petit des y pour lesquels

$$\text{mes.}_{x_1}^{x_2} E_x[f(x) > y] \leqq \lambda(x_2 - x_1).$$

Il est facile de voir que ces bornes sont finies et qu'on a

$$m(x_1, x_2, \lambda) \leqq M(x_1, x_2, \lambda), \qquad \text{pour} \qquad 0 < \lambda < \frac{1}{2},$$

tandis que, pour $\frac{1}{2} \leqq \lambda < 1$, la relation est inverse.

De plus $m(x_1, x_2, \lambda)$ (respectivement M) est une fonction semi-continue supérieurement (resp. inférieurement) par rapport aux variables x_1, x_2 et ne décroît pas (resp. ne croît pas) quand λ croît de 0 à 1 [3].

---

[1] Séance du 23 février 1925.

[2] Mes. $_{x_1}^{x_2}$ E est la mesure lebesgienne de la partie de l'ensemble E contenue dans (x_1, x_2) en admettant $x_1 < x_2$.

[3] H. LOOMAN, *Sur les deux catégories remarquables des fonctions* (*Fundamenta mathematicæ*, 5, 1924, p. 104-105).

2. Posons

$$k(x, \lambda) = \liminf_{\lambda=0} m(x, x+h), \qquad K(x, \lambda) = \limsup_{\lambda=0} M(g, x+h).$$

Le premier de ces nombres, $k(x, \lambda)$, est égal à la borne supérieure des nombres y tels que la densité supérieure (¹) de l'ensemble $E_t[f(t) < y]$ est au plus égale à λ au point x. De même $K(x, \lambda)$ est la borne inférieure des y tels que la densité supérieure de $E_t[f(t) < y]$ est $\leqq \lambda$ au point x.

Pour $0 < \lambda < \frac{1}{2}$, nous avons $k(x, \lambda) \leqq K(x, \lambda)$ et, pour $\frac{1}{2} \leqq \lambda < 1$, $k(x, \lambda) \geqq K(x, \lambda)$.

Lorsque la fonction $f(x)$ est approximativement (asymptotiquement) continue au point x,

$$f(x) = k(x, \lambda) = K(x, \lambda),$$

quel que soit λ.

Cette relation a lieu pour $\lambda = \frac{1}{2}$, lorsque la fonction a une prépondérance de continuité au point x (²).

Quel que soit $f(x)$, $k(x, \lambda)$ est la limite d'une suite non décroissante de fonctions semi-continues supérieurement telles que

$$\varphi_p(x) = \operatorname*{borne\ inf.}_{n \geqq p} m\left(x, x + \frac{1}{n}, \lambda\right).$$

$K(y, \lambda)$ est la limite d'une suite croissante de fonctions semi-continues inférieurement

$$\Phi_p(x) = \operatorname*{borne\ sup.}_{n \leqq p} M\left(x, x + \frac{1}{n}, \lambda\right).$$

Si les fonctions k et K sont finies, il en est de même des fonctions semi-continues $\varphi_p(x)$ et $\Phi_p(x)$. Alors une fonction $f(x)$ finie et approximativement continue est en même temps du type *lu* et *ul* de M. Young et par suite de classe I de M. Baire (³).

(¹) Densité supérieure au point x de l'ensemble E est $\limsup_{h=0} \frac{1}{h} \operatorname{mes.}_{x}^{x+h} E$.

(²) A. Denjoy, *Sur les fonctions dérivées sommables* (*Bull. de la Société mathématique de France*, 43, 1915, p. 183).

(³) C'est le théorème de M. Denjoy (*loc. cit.*, p. 181). Notre démonstration repose sur un théorème de M. Young (*Proceedings of London Mathematical Society*, 9, 1911, p. 24).

Quel que soit $f(x)$, $k(x, \lambda)$ ne décroît pas et $K(x, \lambda)$ ne croît pas, quand λ croît de o à 1.

3. Posons ensuite

$$l(x) = \lim_{\lambda=0} k(x), \qquad L(x) = \lim_{\lambda=0} K(x, \lambda).$$

Le nombre $l(x)$ est la *limite inférieure approximative* (asymptotique) [1] étant égal à la borne supérieure des nombres y tels que la densité de l'ensemble $E_t[f(t) < y]$ est nulle. $L(x)$ est la *limite supérieure approximative*, étant égale à la borne inférieure des y pour lesquels la densité de $E_t[f(t) > y]$ est nulle.

Pour $o < \lambda < \frac{1}{2}$, on a

$$l(x) \leqq k(x, \lambda) \leqq K(x, \lambda) \leqq L(x),$$

tandis que pour $\frac{1}{2} \leqq \lambda < 1$ les relations sont inverses.

S'il existe une *limite unique approximative*, c'est-à-dire si $l(x) = L(x)$, on a l'égalité

$$l(x) = k(x, \lambda) = K(x, \lambda) = L(x),$$

et alors cette limite est de première classe de M. Baire.

Lorsque $f(x)$ est approximativement continue en un point x, nous avons

$$f(x) = l(x) = k(x, \lambda) = K(x, \lambda) = L(x).$$

4. D'après un théorème de M. Denjoy, toute fonction mesurable est presque partout approximativement continue [2]. Ainsi la dernière égalité a lieu presque partout dans (a, b), quel que soit $f(x)$, d'où il suit que les fonctions k, K, l, L sont presque partout finies.

De plus, on voit que la fonction mesurable est presque partout égale à la fonction $k(x, \lambda) = K(x, \lambda)$, qui est en même temps la limite d'une suite non décroissante de fonctions semi-continues supérieurement (presque partout finies) et d'une suite non croissante de fonctions semi-continues inférieurement (et presque partout finies) [3].

Il suit de la définition de la limite inférieure approximative qu'elle est du type *ulu* de M. Young, en étendant la classification aux limites d'un signe déterminé. $L(x)$ est alors du type *lul*.

---

(1) S. Kempisty, *Sur les fonctions approximativement discontinues* (*Fundamenta Mathematicæ*, 6, 1924, p. 6).

(2) A. Denjoy, *loc. cit.*, p. 170.

(3) C. Caratheodory, *Vorlesungen über reelle Functionen*, 1918, p. 406.

5. En prenant $x_1 < x < x_2$, faisons tendre x_1 et x_2 vers x, d'une manière quelconque, alors, pour $0 < \lambda < \frac{1}{2}$,

$$k(x, \lambda) = \liminf_{x_1, x_2 = x} m(x_1, x_2, \lambda) \leqq \limsup_{x_1, x_2 = x} m(x_1, x_2, \lambda)$$
$$\leqq \liminf_{x_1, x_2 = x} \mathrm{M}(x_1, x_2, \lambda) \leqq \limsup_{x_1, x_2 = x} \mathrm{M}(x_1, x_2, \lambda) = \mathrm{K}(x, \lambda).$$

Comme $k(x, \lambda) = \mathrm{K}(x, \lambda) = f(x)$, presque partout dans (a, b), nous avons presque partout les limites uniques

$$\lim_{x_1, x_2 = x} m(x_1, x_2, \lambda) = \lim_{x_1, x_2 = x} \mathrm{M}(x_1, x_2, \lambda) = f(x).$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions presque périodiques d'une variable complexe.* Note (¹) de M. **Harald Bohr**, présentée par M. Émile Borel.

Dans deux Notes (²) que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie, j'ai introduit une certaine classe de fonctions $f(x) = u(x) + iv(x)$ d'une variable réelle, les fonctions *presque périodiques*, et j'ai montré que la théorie des séries de Fourier des fonctions rigoureusement périodiques peut s'étendre aux fonctions presque périodiques. Tout d'abord on a le théorème suivant : *A toute fonction presque périodique $f(x)$, il appartient une suite de nombres réels Λ_1, Λ_2, ... et une série de la forme $\Sigma \mathrm{A}_n e^{i\Lambda_n x}$, « la série de Fourier de la fonction $f(x)$ » ; cette série détermine de son côté la fonction $f(x)$ d'une manière univoque, et elle converge en moyenne vers $f(x)$.*

Dans cette Note, je me permettrai d'esquisser une théorie des fonctions presque périodiques d'une variable *complexe* $s + \sigma + it$.

Définition. — *Une fonction $f(s)$ holomorphe dans une bande $\alpha < \sigma < \beta$ est dite « presque périodique pour $\alpha < \sigma < \beta$ », si à tout ε correspond une longueur $l = l(\varepsilon)$ telle que tout intervalle $t_1 < t < t_2$ de longueur l contienne au moins une « presque période » $\tau = \tau(\varepsilon)$, c'est-à-dire un nombre τ satisfaisant pour tout s dans la bande $\alpha < \sigma < \beta$ à l'inégalité*

$$|f(s + i\tau) - f(s)| < \varepsilon.$$

Au théorème cité sur les fonctions presque périodiques d'une variable réelle, correspond le théorème principal :

(¹) Séance du 23 février 1925.

(²) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 737 et 1090. Une exposition détaillée est donnée en deux Mémoires dans les *Acta mathematica*, 45, 1924, p. 29, et 47 (*sous presse*).

I. *A toute fonction $f(s)$ presque périodique pour $\alpha < \sigma < \beta$ il appartient une série de la forme $\Sigma A_n e^{\Lambda_n s}$, où les exposants Λ_n sont des nombres réels; cette série, que l'on pourrait appeler « la série de Dirichlet* (¹) *de la fonction » $f(s)$ détermine de son côté la fonction $f(s)$ d'une manière univoque, et elle converge en moyenne vers $f(s)$.* Dans le cas spécial d'une fonction $f(s)$, *rigoureusement périodique* de période $\frac{2\pi i}{k}$, la série de Dirichlet de la fonction se confond avec *la série de Laurent* $\sum_{-\infty}^{\infty} a_n e^{nks}$.

En général la série de Dirichlet d'une fonction presque périodique n'est pas convergente au sens ordinaire. Cependant, il existe deux cas d'une certaine importance où la série converge et même absolument.

II. *Soit $f(s) \sim \Sigma A_n e^{\Lambda_n s}$ une fonction presque périodique à l'intérieur de la bande $\alpha < \sigma < \beta$, dont : 1° les exposants Λ_n sont linéairement indépendants, ou 2° les coefficients A_n sont tous positifs. Alors la série de Dirichlet converge absolument vers la somme $f(s)$ dans toute la bande $\alpha < \sigma < \beta$. De plus, dans le cas des coefficients positifs la fonction $f(s)$ a des points singuliers aux points $s = \alpha$* et *$s = \beta$ (si $\alpha < \sigma < \beta$ est la bande maximale de presque périodicité).*

Dans le développement ultérieur de la théorie, les fonctions presque périodiques dont les exposants Λ_n sont tous *de même signe* jouent un rôle particulier.

III. *Soit $f(s) \sim \Sigma A_n e^{\Lambda_n s}$ une fonction presque périodique pour $\alpha < \sigma < \beta$, dont les exposants Λ_n sont tous positifs. Alors la fonction $f(s)$ peut être prolongée analytiquement sur tout le demi-plan $\sigma < \beta$, et elle représente une fonction presque périodique pour $-\infty < \sigma < \beta$, qui tend uniformément vers zéro pour $\sigma \to -\infty$.*

Correspondant au *théorème de Laurent* pour le cas spécial d'une fonction $f(s)$ rigoureusement périodique dans la bande $\alpha < \sigma < \beta$ [ou, en posant $e^{ks} = z$, d'une fonction $g(z)$ holomorphe dans une couronne $\gamma < |z| < \delta$], nous aurons le théorème suivant :

IV. *Soit $f(s) \sim \Sigma A_n e^{\Lambda_n s}$ une fonction presque périodique pour $\alpha < \sigma < \beta$,*

(¹) Cette notion d'une série de Dirichlet est une *généralisation* de la notion ordinaire. En effet, par une « série de Dirichlet » on entend ordinairement une série de la forme $\Sigma A_n e^{\Lambda_n s}$, où l'ensemble des exposants Λ_n *n'a pas de point limite sauf à l'infini*, tandis qu'une série $\Sigma A_n e^{\Lambda_n s}$ appartenant à une fonction presque périodique peut avoir des exposants Λ_n formant une suite dénombrable de nombres réels *quelconques*.

satisfaisant à la seule condition, que l'ensemble des exposants Λ_n *n'a pas le point zéro comme point limite. Alors les deux séries*

$$\sum_{\Lambda_n>0} A_n e^{\Lambda_n s} \quad \text{et} \quad \sum_{\Lambda_n<0} A_n e^{\Lambda_n s}$$

sont des séries de Dirichlet de deux fonctions $f_1(s)$ *et* $f_2(s)$, *où* $f_1(s)$ *est presque périodique dans tout le demi-plan* $\sigma<\beta$, *et* $f_2(s)$ *est presque périodique dans tout le demi-plan* $\sigma>\alpha$, *et dans la bande donnée* $\alpha<\sigma<\beta$ *on a la représentation*

$$f(s)=c+f_1(s)+f_2(s).$$

Dans le cas le plus général, où l'on ne suppose rien sur les exposants Λ_n, il y a un théorème analogue, mais moins simple.

En terminant nous citons le théorème suivant sur *l'approximation uniforme* des fonctions presque périodiques.

V. *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction* $f(s)$ *soit presque périodique dans l'intérieur de la bande* $\alpha<\sigma<\beta$, *est qu'elle puisse être approchée dans l'intérieur de cette bande d'une manière uniforme par des sommes finies de la forme* $\sum_1^N a_n e^{\lambda_n s}$.

ASTRONOMIE. — *Sur l'indépendance de la vitesse de la lumière et de celle de la source lumineuse.* Note de M. Salet, présentée par M. Baillaud.

M. La Rosa a fait remarquer (1) que si la vitesse de la source se compose avec celle de la lumière (comme on l'admet dans la théorie balistique de Ritz), l'intensité de la lumière d'une étoile doit dépendre de l'accélération de son mouvement radial, par suite du rapprochement ou de l'écartement, après un trajet assez long, des émissions d'énergie parties de l'astre dans un temps donné. Il est possible que ce rapprochement ou cet écartement ne produise pas d'effet Doppler-Fizeau correspondant, car la théorie de la radiation est ici complètement nouvelle. D'après M. de Sitter (2), au contraire, la Théorie balistique est inadmissible, étant donné le mouvement régulier newtonien que l'on observe dans les étoiles doubles dont on peut déterminer l'orbite, soit visuellement, soit au moyen du spectroscope.

(1) *Acad. dei Lincei*, 1923; *Astron. Nachrichten*, 1924.

(2) *Proceedings Acad. of Sc. Amsterdam*. 1913; *Bulletin of the Astr. Inst of the Netherlands*, 1924.

Mais les étoiles auxquelles s'applique cette remarque sont relativement peu lointaines. On peut se demander si la vitesse de la source, sans se composer entièrement avec celle de la lumière, ne l'altérerait pas dans une faible mesure et si cet effet ne pourrait pas devenir sensible pour les étoiles dont on ne peut étudier que l'intensité. Les étoiles dites *à éclipses* permettent de répondre à cette question. Pour Algol, l'éclat ne varie pas d'un dixième de grandeur entre les brusques variations des minima successifs, c'est-à-dire pendant une période où la vitesse radiale varie d'une façon connue. Étant donnée la distance de l'étoile, on en déduit que la vitesse de la lumière n'est pas altérée de plus de $\frac{1}{200}$ environ de la valeur de la vitesse de la source. Il existe des étoiles du même type mais beaucoup plus faibles; leurs vitesses radiales doivent être analogues et leurs distances beaucoup plus grandes, ce qui permet d'abaisser encore la limite de l'effet cherché.

On peut en conclure que si la vitesse de la lumière est altérée par la vitesse propre de la source, c'est dans une mesure si faible que l'effet en est insensible jusqu'aux dernières étoiles à variation discontinue dont on peut mesurer l'éclat.

ASTRONOMIE. — *Sur le mouvement du Soleil.* Note de **Comas Solà**, présentée par M. B. Baillaud.

Depuis qu'on observe les mouvements propres des étoiles, on a admis la réalité d'un mouvement du Soleil vers un point du ciel. Cette affirmation demande un éclaircissement fondamental. Pour venir en connaissance du mouvement du Soleil, il faut que nous comptions avec des axes *dépourvus de mouvement de rotation* pour y rapporter tout le système de la Voie lactée. Quant au mouvement de translation rectiligne et uniforme, de ces axes, il ne faut pas s'en préoccuper, puisque dans l'espace indéfini ce mouvement n'a pas de sens, et tous les phénomènes de tous les ordres s'accomplissent par rapport au centre de gravité du système, avec indépendance de tout autre mouvement des axes qui ne soit de rotation ou accéléré. Or nous ne connaissons pas le centre de gravité de la Voie lactée, ni nous ne possédons non plus, jusqu'à présent, des axes coordonnés qui soient avec sûreté absolument dépourvues de rotation. Nos plans coordonnés sont repérés par rapport à un nombre restreint d'étoiles, la plupart brillantes et entachées de mouvements systématiques sensibles. Rien ne nous autorise à affirmer, en effet, que la somme algébrique des mouvements de ces étoiles fondamentales

soit nulle. Au contraire, l'étude des mouvements propres au moyen des observations méridiennes ou de la vitesse radiale, et au moyen du procédé bien plus sensible et rapide de la stéréoscopie, telle que je la pratique, nous révèle la présence de nombreux courants d'étoiles, dans différentes profondeurs et plusieurs directions.

Nous ne pouvons pas parler, dans ces conditions, du mouvement du Soleil. A la vérité, nous devons nous restreindre, provisoirement au moins : 1° à supposer le Soleil immobile et faire passer par son centre les axes auxquels on doit rapporter la position de tous les astres de la Voie lactée; 2° à établir un système d'axes, tels comme ils sont indiqués, « dépourvus de mouvement de rotation ».

S'il est pour le moment impossible de connaître la position du centre de gravité de la Voie lactée, il est possible, par contre, d'établir un système d'axes dont le centre se trouve dans le centre du Soleil et dépourvu de mouvement de rotation. On peut en effet repérer, par exemple, une écliptique et un point normal à des points les plus lointains possible, tels que les amas globulaires d'étoiles, ou mieux encore, peut-être, les nébuleuses spirales. En admettant que celles-ci soient sensiblement des points placés à l'infini par rapport aux étoiles brillantes, nous aurions des axes dont la rotation, dans le cas où elle existerait, serait insensible.

Ce repérage des plans coordonnés n'aurait rien de compliqué, et il serait à souhaiter que quelques Observatoires se missent d'accord pour entreprendre ce travail indispensable, si nous voulons arriver au degré d'exactitude que demandent les connaissances astronomiques modernes.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la variabilité des réfractions astronomiques réelles*. Note de MM. **E. Delcambre**, **Ph. Wehrlé** et **L. Gouton**, présentée par M. Hamy.

La construction des Tables de réfraction comporte une hypothèse sur la décroissance de l'indice (donc de la densité) avec l'altitude. La loi de décroissance admise peut être théorique ou empirique, mais c'est toujours une loi *moyenne*; la réfraction réelle diffère donc plus ou moins de la réfraction des Tables. Quelle que soit la valeur de la loi moyenne posée — serait-elle même parfaite, c'est-à-dire coïnciderait-elle avec la moyenne effective de tous les décroissements possibles — la variabilité effective de ce

décroissement d'une atmosphère à l'autre limite la précision de la correction *sur une mesure isolée*.

Cette question avait bien préoccupé Radau, l'auteur des Tables d'où dérivent celles de la *Connaissance des Temps*. Il avait cherché à apprécier l'influence de cette variabilité en introduisant un paramètre dans la loi de définition de son atmosphère théorique (loi d'Ivory). La loi se trouve ainsi susceptible de représenter des décroissements très différents mais sa forme même impose à toutes ces atmosphères une condition sélective arbitraire (avoir même densité à une altitude fonction de la seule température initiale) et les atmosphères de la « classe » ainsi déterminée jouissent précisément, par un jeu de compensation, de la propriété de donner au total des réfractions voisines.

Le recours à des cas réels s'impose. Mais une difficulté se présente dès l'abord due à la limitation en altitude des sondages météorologiques. Ceux-ci ne dépassent jamais beaucoup la troposphère; or l'action des couches immédiatement supérieures n'est pas négligeable : la stratosphère contribue à la réfraction complète pour une part de l'ordre de $\frac{1}{3}$. La difficulté a été tournée en considérant la pression, élément qui intègre les effets en altitude. Nous avons pu ainsi déterminer, dans le cas envisagé, une altitude H telle que la différence des réfractions dues aux couches supérieures à H soit certainement de même signe que la différence des réfractions dues aux couches inférieures. Dans ces conditions, il nous a suffi de limiter nos calculs à cette altitude, en l'espèce à 8^{km}.

Nous avons choisi deux sondages de Lindenberg (27 avril 1909 et 3 janvier 1911). Nous avons calculé, pour certaines distances zénithales, les réfractions réelles entre 0^{km} et 8^{km} et leur différence Δ_s, en procédant à l'intégration par trapèzes sur des couches de 1^{km} d'épaisseur. Nous avons évalué une limite supérieure E de l'erreur commise, du fait des calculs approchés, sur la différence des réfractions réelles, et nous avons comparé cette différence brute Δ_s ou sa limite $\Delta_s - E$ à la différence Δ_T des réfractions tirées des Tables, correspondant aux éléments initiaux des deux sondages. La variabilité brute δ est représentée par $\Delta_s - \Delta_T$ et sa limite inférieure δ' par $\Delta_s - E - \Delta_T$ (les écarts des réfractions réelles étant en l'espèce de même sens par rapport aux réfractions moyennes des Tables, le plus grand de ces écarts est certainement supérieur à δ').

Z Distance zénithale apparente, en grades.	Variabilité brute.	Limite inférieure de la variabilité, compte tenu de l'approximation des calculs.
30gr	0",06	0",05
50	0,12	0,11
64	0,16	0,14
72,222	0,21	0,18
80	0,27	0,19

Il résulte de cette expérience que sur une mesure angulaire d'astres isolée et non différentielle, *l'approximation au $\frac{1}{100}$ de seconde est illusoire, même pour de faibles distances zénithales et que l'approximation au $\frac{1}{10}$ l'est aussi pour les distances zénithales supérieures à 45°.*

La variabilité trouvée dans cette expérience ne représente pas un maximum pour deux raisons :

1° Nous ne nous sommes pas astreints à choisir des sondages définissant des atmosphères aussi différentes que possible au point de vue de la réfrangibilité ; nous avons simplement pris deux sondages nettement différents par la répartition des températures ;

2° Dans les calculs nous avons supposé les couches d'égal indice, c'est-à-dire d'égale densité, concentriques au globe terrestre. En fait elles peuvent présenter des irrégularités et notamment une pente sensible par rapport à la surface terrestre. En faisant intervenir des gradients horizontaux réels de température et de pression, on trouve que l'influence de la pente variable des surfaces d'égale densité (en supposant cette inclinaison limitée à la troposphère) est de l'ordre de grandeur de $\frac{1}{4}$ par rapport à l'influence de la décroissance variable des indices en altitude.

ÉLECTRICITÉ. — *Action de la lumière sur le phénomène thermionique.* Note [1] de MM. E. **Henriot** et R. **Moens**, transmise par M. Villard.

Au cours d'expériences sur le phénomène thermionique, nous avons été amenés à concentrer sur un filament incandescent de tungstène la lumière d'un arc ou d'une lampe à incandescence dont le faisceau était coupé mille

---

[1] Séance du 23 février 1925.

fois par seconde par une roue dentée. Dans ces conditions, un téléphone intercalé en série avec la pile de tension dans le circuit filament-plaque donne le son 1000, audible avec l'arc sans amplificateur, intense si on le multiplie au moyen d'un amplificateur B. F. Nous avons trouvé ce phénomène avec divers modèles de lampes de réception ou d'émission de T. S. F., le kénotron, etc.

Si le courant de chauffe du filament est trop faible, le son est imperceptible; il apparaît et grossit pour des courants croissants, puis il est brusquement étouffé par une nouvelle augmentation. Une lampe de réception nous a donné par exemple, V étant la tension de plaque, I_1 l'intensité en ampères du courant de chauffe qui commence à étouffer le son, I_2 celle qui l'étouffe complètement :

$V = 80^v$	$I_1 = 0,57$	$I_2 = 0,59$
40	0,53	0,55
27	0,51	0,51

Il faut donc se placer dans des conditions assez bien définies. Avec un kénotron, en utilisant une tension de 500^v, le phénomène est insensible pour $5^a,2$, maximum pour $5^a,6$; il disparaît à $5^a,8$. Il n'existe donc que dans des limites étroites.

Nous avons pu nous assurer que la décroissance brusque du courant téléphonique se produit lorsqu'on est au voisinage de la courbe de Langmuir en $V^{\frac{3}{2}}$, c'est-à-dire lorsque les conditions sont telles qu'une augmentation du nombre des électrons par une cause quelconque ne produit pas de variation du courant de plaque.

Nous avons effectué également des expériences statiques avec la lumière non interrompue, en substituant un galvanomètre au téléphone et en supprimant l'amplificateur B. F. L'arc augmente le courant de plaque.

Il faut éviter d'éclairer les parties extrêmes du filament qui sont froides; faute de cette précaution, la résistance des extrémités du filament augmente légèrement et lentement par élévation de température; il en résulte une diminution du courant de chauffe et par suite du courant de plaque. Ce phénomène, se superposant au précédent, produit une diminution lente et même une inversion de l'effet de l'arc dans les expériences statiques. C'est un effet parasite de cet ordre qui semble avoir faussé les expériences d'Arnold et Ives, effectuées statiquement dans des conditions voisines des nôtres, mais en utilisant des filaments recouverts d'oxyde, au lieu de filaments métalliques.

Ils observaient, en interposant des écrans colorés, des effets différents dans leur intensité, leur allure et leur sens et concluaient à un phénomène photo-thermionique, les rayons de différente longueur d'onde ayant des effets différents. En réalité, si la concentration du faisceau est obtenue par une lentille non achromatique, il peut se

produire accidentellement que des rayons bleus bordant le faisceau tombent sur les extrémités du filament; alors l'interposition d'écrans rouges ou bleus peut faire croire à une action sélective des rayons, en faisant prédominer le phénomène normal ou l'effet parasite.

Nous avons pu nous convaincre au contraire que le phénomène est purement thermique et provient uniquement d'une élévation de température du filament.

Pour cela, nous avons mesuré, au pont de Wheatstone, la variation Δr de résistance du filament : 1° quand il est éclairé, de manière que l'effet de l'arc produise une augmentation Δi du courant de plaque; 2° l'arc étant supprimé, en augmentant le courant de chauffe pour retrouver la même variation Δi du courant de plaque. La variation Δr est la même dans les deux cas à 10 ou 20 pour 100 près. On ne peut guère espérer une précision meilleure étant donné que les températures du filament sont réparties différemment dans les deux cas. Ceci montre que, dans l'ensemble, la même variation de température produite par l'arc ou le courant de chauffe produit le même effet. L'effet de l'arc est assez rapide pour qu'une fraction du phénomène soit sensible aux interruptions rapides, ce qui produit le courant téléphonique. Il peut naturellement exister un phénomène photo-électrique étudié par Case et par Meritt, avec de la lumière de courte longueur d'onde, mais dans nos expériences un phénomène photo-électrique proprement dit semble jouer un rôle nul.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Système physique des éléments.* Note de M. C.-G. **Bedreag**, présentée par M. M. de Broglie.

L'ensemble des électrons qui entourent le noyau atomique constituent un système dont la configuration peut se modifier [1] dans les régimes variables, ainsi que dans certains états permanents.

a. Régime variable. — Dans le processus d'émission extérieure d'énergie sous forme de radiations lumineuses ou X, il y a passage d'un électron d'une couche N, M, L, etc. vers d'autres couches, qui présentent des niveaux d'énergie différents; la différence des énergies entre les niveaux de passage $\varepsilon_2 - \varepsilon_1$ constitue l'énergie de la radiation émise $h.\nu$ selon la relation des quanta, ν étant la fréquence, h la constante des quanta.

---

[1] *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 768.

b. Ionisation. — Lors de l'ionisation, ou de l'expulsion d'un électron du système atomique, avec effet photoélectrique lumineux ou X, il peut arriver souvent que le nombre des électrons restants prenne une configuration différente de la configuration antérieure, si la nouvelle situation offre plus de stabilité; exemple, Ca (neutre) 2 — 4.4 — 4.4 — 2; Ca (ionisé) 2 — 4.4 — 4.4 — 1 (Bohr).

c. États permanents. — Un élément possédant un nombre déterminé d'électrons (par atome) peut prendre des états permanents différents, avec des configurations électroniques variables, auxquelles correspondent des énergies totales différentes et des propriétés différentes. Dans cette catégorie entrent les éléments qui possèdent plusieurs degrés d'affinité ou plusieurs valences : P, N, Cr, Mn, Fe, S, Cl. Pour un même élément, le passage d'un état électronique à un autre se produit par suite d'un échange d'énergie avec l'extérieur, dont la mesure peut indiquer la différence de stabilité des configurations respectives.

Exemples : Mn^{+7}, Mn^{+6}, Mn^{+4}, Mn^{+3}, Mn^{+2}; Fe^{+8}, Fe^{+6}, Fe^{+4}, Fe^{+3}, Fe^{+2}; Cr^{+6}, Cr^{+4}, Cr^{+3}, Cr^{+2} et autres éléments (¹).

Prenons le Mn : ses 25 électrons se répartissent d'abord entre 18 électrons stables constituant les couches intérieures K 2; L_1, $L_2 = 4 + 4$; M_1, $M_2 = 4 + 4$, plus 7 électrons plus mobiles situés dans les couches extérieures N_1, N_2, M_3 avec les distributions probables qui suivent :

	Couches									Électrons mobiles attachés au groupe central.
	K.	L_1.	L_2.	M_1.	M_2.	M_3.		N_1.	N_2.	
Mn^{+7} (comb.).......	2	4	4	4	4	″	│	4	3	0
Mn^{+6} »	2	4	4	4	4	1	│	4	2	1
Mn^{+4} »	2	4	4	4	4	3	│	4	″	3
Mn^{+3} »	2	4	4	4	4	4	│	2	1	4
Mn^{+2} »	2	4	4	5	4	4	│	2	″	5
Mn^0 (neutre)........	2	4	4	4	4	″		4	3 │	7

Remarque. — La ligne verticale sépare les électrons stables, attachés au noyau central Mn^+, des électrons extérieurs, mobiles, qui peuvent, dans les combinaisons, quitter leur noyau pour passer dans la sphère d'action d'autres noyaux à affinités (—).

De même pour S et pour Cl :

(¹) C.-G. Bedreag, *Ann. Sc. Univ. Jassy*, 13, 1924, p. 326.

	Couches						Électrons mobiles attachés au groupe central.
	K.	L_1.	L_2.	M_1.	M_2.	M_3.	
S^{+6} (comb.)	2	4	4	$\mid$ 4	2		0
S^{+4} »	2	4	4	2 $\mid$	4		2
S^{+2} »	2	4	4	4 $\mid$	2		4
S^{-2} »	2	4	4	4	4 $\mid$		8
S^0 (neutre)	2	4	4	4	2 $\mid$		6

Puis, pour le Cl :

	Couches						Électrons mobiles attachés au groupe central.
	K.	L_1.	L_2.	M_1.	M_2.	M_3.	
Cl^{+7} (comb.)	2	4	4	$\mid$ 4	3		0
Cl^{+5} »	2	4	4	2 $\mid$	4	1	2
Cl^{+4} »	2	4	4	3 $\mid$	4		3
Cl^{+3} »	2	4	4	4 $\mid$	3		4
Cl »	2	4	4	2	4 $\mid$	1	6
Cl (neutre)	2	4	4	4	3 $\mid$		7
Cl (comb.)	2	4	4	4	4 $\mid$		8

De même pour Cr, Fe, Co, Ni, ...

Cette interprétation est confirmée expérimentalement :

a. Par les propriétés magnétiques des corps (Weiss, Cabrera), des éléments, qui, ayant même nombre de magnétons, présentent des configurations analogues des couches M :

4 4 3 pour Cr^{+3} et Mn^{+4}, 4 4 4 pour Cr^{+2} et Mn^{+3},
5 4 4 pour Mn^{+2} et Fe^{+3}, 6|4 4 pour Fe^{+2} et Co^{+3}, etc.

b. Par les discontinuités d'absorption de S, P, Cl. On a, en effet, pour la fréquence K de la discontinuité d'absorption dans la couche K, L, ... :

$$\frac{K}{R} = \frac{(\dot{N} - \sigma_i - \sigma_e)^2}{n^2} + \text{un terme de correction},$$

où R est la constante de Rydberg, N le nombre atomique, σ_i l'effet d'écran électrostatique produit par les électrons stables intérieurs, σ_e est l'effet-écran produit par les électrons mobiles extérieurs.

Si $\sigma_e = 0$ ou diminue, $K' > K$, la fréquence de la discontinuité d'absorption augmente.

Or, pour les éléments *dans l'état d'affinité maxima*, le nombre des électrons restant autour du noyau central diminue, σ_e diminue ou devient o et la discontinuité d'absorption K ou L augmente, ce qui est confirmé par l'expérience.

OPTIQUE. — *Phénomènes de diffraction présentés par un réseau à secteurs alternativement transparents et opaques.* Note de M. **A. Boutaric** et de Mlle **F. Demora**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. Un réseau constitué par des secteurs de même angle, issus d'un point O et alternativement transparents et opaques, présente, quand on l'éclaire par un point lumineux, de curieux phénomènes de diffraction. Dans le cas simple où le point lumineux S se trouve sur la normale en O au plan du réseau, on observe, en lumière monochromatique, sur tout écran disposé au delà du réseau, de fines lignes lumineuses circulaires centrées sur la droite SO. En lumière blanche, on observe une série d'anneaux colorés.

Nous avons obtenu des réseaux qui nous ont donné de bons résultats en photographiant des dessins de grandes dimensions constitués par des secteurs de même angle issus d'un point O et alternativement blancs et noirs. Nous avons utilisé deux réseaux ayant, l'un 64 secteurs opaques et 64 secteurs transparents, l'autre 128 secteurs opaques et 128 secteurs transparents.

2. Nous avons pu interpréter les phénomènes observés en les considérant comme la superposition de ceux que fournissent les divers secteurs opaques.

On sait que les phénomènes de diffraction présentés par un écran opaque à bords rectilignes et parallèles éclairé par une fente lumineuse, peuvent, en première approximation, s'expliquer par l'interférence de rayons issus des deux bords de l'écran opaque, assimilés à des lignes lumineuses.

Prenons pour source lumineuse un trou vivement éclairé S, situé sur la normale en O au plan du réseau. Deux points quelconques a_1 et a_2, situés sur les bords d'un secteur opaque quelconque A, à la même distance du centre O, peuvent être assimilés à des sources synchrones donnant sur l'écran E des franges d'interférence centrées sur la droite Sa (a désignant le milieu de l'intervalle $a_1 a_2$). Au point d'intersection H de cette droite avec l'écran se trouve une frange centrale brillante entourée de part et d'autre de franges alternativement obscures et brillantes.

Soit I le point de rencontre de la droite SO avec l'écran. En désignant par y la distance HI, par p et q les distances respectives du réseau à la

source et à l'écran E, on a

$$(1) \qquad Oa = \frac{p}{p+q} y.$$

Soit β l'angle d'un secteur (opaque ou transparent); l'écartement $a_1 a_2$ des sources lumineuses a_1 et a_2 qui produisent les phénomènes d'interférence est

$$(2) \qquad a_1 a_2 = \beta Oa = \beta \frac{p}{p+q} y.$$

La distance x d'un élément d'une frange brillante d'ordre k à la frange centrale est

$$(3) \qquad x = k\lambda \frac{q}{a_1 a_2} = k\lambda \frac{q(p+q)}{p\beta y}.$$

Les diverses couples de sources telles que a_1 et a_2 qu'on peut envisager tout le long du secteur opaque donneront sur l'écran E des franges d'interférence dont les lignes brillantes sont définies par l'équation

$$(4) \qquad xy = k\lambda \frac{q(p+q)}{\beta p},$$

où k peut prendre les valeurs 0, 1, 2, 3, ...

A chacun des secteurs opaques que renferme le réseau correspond un système de franges hyperboliques équilatères dont l'un des axes est à l'intersection de l'écran avec le plan passant par la source S et la bissectrice du secteur opaque considéré.

Les divers systèmes de franges correspondant aux divers secteurs opaques s'entre-croisent. Les lignes lumineuses qui constituent le phénomène de diffraction présenté par le réseau peuvent être considérées comme les lieux des points d'intersection des franges hyperboliques de même rang fournies par les diverses paires de secteurs opaques consécutifs.

Rapportées au système d'axes que nous avons choisi pour représenter en l'équation (4) les franges fournies par un secteur opaque A, les franges relatives au secteur suivant B ont pour équation

$$(5) \qquad (x - 2\beta y)(y + 2\beta x) = k\lambda \frac{q(p+q)}{\beta p}.$$

Les points d'intersection des hyperboles (4) et (5) qui correspondent à la même valeur de k sont, pour tous les couples de secteurs opaques consécutifs que l'on peut envisager, à une même distance y du point I. Ils

constituent des franges circulaires brillantes dont les rayons y sont définis par l'ensemble des équations (4) et (5). Les carrés de ces rayons ont pour valeurs

$$y^2 = k\lambda \frac{1-\beta}{\beta} \frac{q(p+q)}{p}. \tag{6}$$

Pour l'un des réseaux que nous avons utilisés, qui comprenait 128 secteurs opaques et 128 secteurs transparents, $\left(\beta = \frac{\pi}{128}\right)$, nous avons observé pour $p = 60^{cm}$, $q = 55^{cm}$, $\lambda = 0^{\mu},635$, des franges circulaires dont les rayons successifs sont, en millimètres :

5,5, 7,7, 9,4, 10,9.

Les valeurs fournies par la théorie sont :

5,2, 7,3, 8,9, 10,3.

3. L'examen de la formule (6) permet d'énoncer sur les anneaux de diffraction les lois suivantes que l'expérience a confirmées :

a. Les rayons des anneaux brillants consécutifs varient proportionnellement aux racines carrées des nombres entiers successifs.

b. Pour des lumières différentes, les rayons des franges de même ordre sont proportionnels aux racines carrées des longueurs d'onde.

c. Pour des réseaux dont les secteurs ont des angles différents, les rayons des franges de même ordre varient en sens inverse de la racine carrée des angles de ces secteurs.

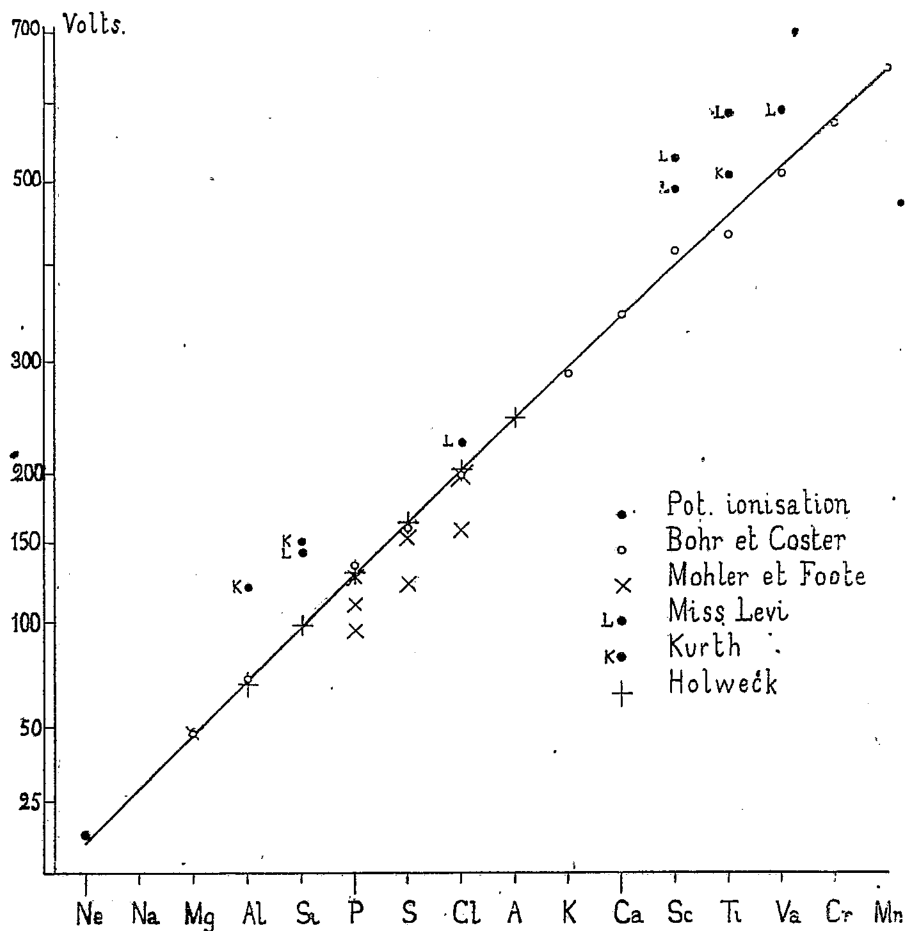
d. Les rayons des franges de même ordre fournies par le même réseau, pour la même longueur d'onde et pour des distances p et q variables du réseau à la source et du réseau à l'écran, sont proportionnels aux racines carrées des expressions $\frac{q(p+q)}{p}$.

PHYSIQUE. — *Mesures précises de fréquences spectrales dans le domaine des radiations comprises entre la lumière et les rayons X (Discontinuités* L_{III} *de :* Cl, S, P, Si, Al). Note de M. F. **Holweck**, présentée par M. Jean Perrin.

L'intervalle spectral compris entre $\lambda = 140$ Å et $\lambda = 12$ Å est encore souvent appelé domaine inconnu, bien qu'il ait été parcouru d'une façon continue [1]; mais les mesures spectroscopiques précises y manquent

[1] Holweck, *Annales de Physique*, 17, janvier-février 1922, p. 1 à 57.

encore et les nombreuses déterminations de potentiels critiques faites par Mc Lennan et ses élèves, Hughes, Kurth, Miss Levi, etc., par une méthode qui me semble défectueuse, sont très discordantes. Je crois que la méthode par absorption, que j'ai décrite dans une précédente Note (1), peut fixer



la place des principales discontinuités des atomes légers avec une erreur probable de ± 1 volt, ce qui correspond pour l'argon, par exemple, à 0,2 Å. C'est la précision qu'admet Millikan dans ses recherches sur l'extrême ultraviolet.

Je rappelle le principe de la méthode par absorption : un électroscope est tra-

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 266.

versé par un faisceau de rayons X filtrés, produits sous une différence de potentiel V. L'électroscope contient le gaz à étudier (ou l'élément engagé sous forme de combinaison gazeuse) à une pression telle que les rayons X n'y soient absorbés qu'en partie. On observe le courant d'ionisation i et trace la courbe $i = f$ (V). Cette courbe présentera une discontinuité lorsque V atteindra une valeur égale à un des potentiels critiques du gaz étudié. On trouvera dans la Note, citée plus haut, la description de l'appareil employé.

Potentiels critiques L_{III} *de* Cl, S, P, Si. — Ces éléments ont été engagés dans les combinaisons gazeuses suivantes : HCl, H^2S, H^3P, H^4Si. La structure électronique des molécules de ces différents hydrures et l'atome d'argon présentent une analogie. Pour tous ces corps, le nombre d'électrons susceptibles d'intervenir dans l'ionisation est de 8 avant les fréquences critiques L_I L_{II} et de 14 après. La variation du coefficient d'absorption, lorsqu'on franchit ces discontinuités, doit être du même ordre pour ces différents gaz, par conséquent très nette et susceptible d'une mesure précise. C'est ce que confirme l'expérience. Par contre, dans SO^2, ce nombre d'électrons est de 18 avant et de 24 après L_{III} L_{II}. La variation du coefficient d'absorption est moins importante et difficilement observable.

Ces gaz ont été préparés à l'état pur par distillation à basse température et parfaitement séchés. Ils n'attaquent pas les pièces métalliques de l'électroscope et ne traversent pas la feuille mince du celluloïd qui sépare cet appareil du tube producteur de rayons, dans lequel le vide est entretenu. La pression dans l'électroscope était de 1^{mm} de mercure environ.

Dans le tableau suivant, j'ai groupé les nombres que j'ai trouvés pour les niveaux L_{III} L_{II}; les nombres observés par Mohler et Footes (1) par la méthode de « l'anticathode gazeuse »; ces valeurs sont données à quelques unités pour 100 près et les nombres entre parenthèses sont relatifs à des « niveaux auxiliaires » que la méthode par absorption a l'avantage de ne pas donner; les valeurs traduites en volts du niveau L_{III} publiées par Bohr et Coster (2); une mesure de Millikan (3) par la voie spectroscopique; enfin des déterminations de Miss Levi (4) et Kurth (5), par la méthode de l' « anticathode solide ».

(1) MOHLER et FOOTES, *Origin of Spectra*, 1922, p. 195.
(2) *Zeit. für. Phys.*, 1923, p. 351.
(3) MILLIKAN et BOWEN, *Phys. Rev.*, 1924, p. 1 à 34.
(4) KURTH, *Phys. Rev.*, 18, 1921, p. 461.
(5) Miss LEVI, *Trans. Roy. Soc. of Canada*, 18, 1924, p. 159.

Éléments	A.	Cl.	S.	P.	Si.	Al.
N	18	17	16	15	14	13
Holweck	246,5 ± 1	203 ± 1	163 ± 1	128 ± 2	98 ± 2	68 ± 2
Mohler et Footes		198 (157)	152 (122)	126 (110,95)		
Bohr et Coster		199	160	134		70,5
Millikan						68
Miss Levi		255,6			141,6	
Kurth					149,5	123

Pour compléter la série, j'ai déterminé à nouveau le potentiel critique de l'aluminium par une méthode identique à celle décrite antérieurement ([1]), c'est-à-dire en étudiant, au moyen du nouvel appareil dans lequel l'origine des potentiels est bien connue, la courbe de transparence d'une feuille mince d'Al. en fonction de V. Le nouveau nombre, légèrement plus grand que le précédent, a certainement plus de poids et je pense en augmenter prochainement la précision.

On remarquera sur la figure que les points nouvellement déterminés pour les six éléments légers se placent très bien sur un diagramme de Moseley construit à grande échelle. L'accord est bon avec les mesures de Mohler et Footes, sauf pour le S qui est un peu bas, même sur les courbes données par ces physiciens et est également satisfaisant avec l'ensemble des nombres de Bohr et Coster (calculés en partant des niveaux de haute fréquence), sauf pour le P qui est sensiblement trop haut. Par contre, les mesures de Miss Levi et de Kurth se montrent grandement erronées par excès, très probablement pour les raisons que j'ai déjà indiquées.

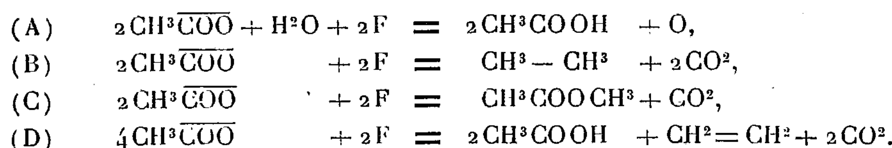
Le fait que le rayonnement X qui sort de la fenêtre de celluloïd du tube protecteur est capable d'exciter différents niveaux compris entre 68 et 246 volts, et la précision avec laquelle les nombres trouvés se placent sur une courbe continue justifient l'hypothèse, qui est la base de tout le travail, à savoir, que l'anode émet un spectre continu dont la fréquence limite croît régulièrement en fonction de V sans que les raies caractéristiques du métal anodique interviennent pratiquement. Ceci légitime pleinement les mesures faites précédemment sur les coefficients d'absorption par la méthode des rayons restants.

([1]) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 709.

ÉLECTROCHIMIE. — *Électrolyse des acétates alcalins en dissolution dans l'alcool méthylique.* Note [1] de M. J. **Salauze**, transmise par M. Sabatier.

Dans le présent travail, je me suis proposé d'examiner les résultats obtenus par électrolyse des acétates alcalins en dissolution dans l'alcool méthylique.

Je rappelle brièvement les caractéristiques des électrolyses de ces mêmes acétates alcalins en solution aqueuse. L'ion $CH^3\overline{COO}$ se porte à l'anode où il perd sa charge et où il donne les réactions suivantes :



(A) $2CH^3\overline{COO} + H^2O + 2F = 2CH^3COOH + O,$

(B) $2CH^3\overline{COO} + 2F = CH^3 - CH^3 + 2CO^2,$

(C) $2CH^3\overline{COO} + 2F = CH^3COOCH^3 + CO^2,$

(D) $4CH^3\overline{COO} + 2F = 2CH^3COOH + CH^2 = CH^2 + 2CO^2.$

En utilisant une densité anodique de courant élevée, une solution concentrée d'acétate de potasse, une anode en platine poli, et en opérant à basse température, le travail effectué par le courant électrique peut se partager ainsi : pour la réaction (A), 11 pour 100; pour la réaction (B), 85 pour 100; pour la réaction (C), 2 pour 100; pour la réaction (D), 2 pour 100.

Dans ces électrolyses, on cherche à obtenir le plus possible d'éthane. Le rendement en éthane décroît : lorsqu'on diminue la concentration du sel électrolysé, ou la densité anodique du courant, lorsqu'on élève la température. Il tombe à 74 pour 100 lorsqu'on substitue l'iridium au platine poli comme anode; il devient presque nul lorsqu'on utilise une anode en platine platiné; il tombe enfin à zéro lorsqu'on utilise des anodes en fer poli ou en palladium.

Dans mes recherches, j'ai substitué l'alcool méthylique à l'eau comme solvant; j'ai déduit les rendements en courant des mesures effectuées sur les gaz dégagés par l'électrolyse. Voici les résultats obtenus.

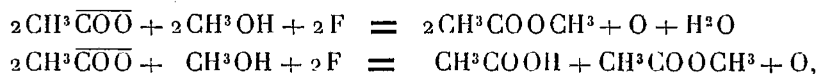
1° L'acide acétique libre n'a aucune influence sur le rendement en éthane. Ce fait m'a permis d'opérer les électrolyses en présence d'acide acétique libre qui réagissait sur le métal libéré à la cathode; de la sorte, la concentration en sel restait constante.

---

[1] Séance du 23 février 1925.

2° La température à laquelle on effectue l'électrolyse ne semble avoir aucune influence sur le rendement en éthane.

3° Les seules réactions qui se produisent sont les réactions (B), (C), (D). La réaction (A) ne peut évidemment se produire, les réactions suivantes :



$$2CH^3\overline{COO} + 2CH^3OH + 2F = 2CH^3COOCH^3 + O + H^2O$$
$$2CH^3\overline{COO} + CH^3OH + 2F = CH^3COOH + CH^3COOCH^3 + O,$$

ne se produisent pas; je n'ai jamais trouvé d'oxygène dans les gaz dégagés; je n'ai jamais constaté dans les électrolytes la présence de produits issus d'une oxydation : acide formique et formaldéhyde. En d'autres termes l'ion $CH^3\overline{COO}$ ne réagit pas sur le solvant.

4° La formation d'éthylène est insignifiante, le rendement en éthylène est de l'ordre de 0,1 pour 100.

5° Le rendement en éthane augmente lorsqu'on diminue la concentration en acétate. Voici quelques résultats relatifs à ce point, obtenus par électrolyse de divers acétates en solution dans un mélange de 100^g d'alcool méthylique et de 30^g d'acide acétique. L'anode utilisée était en platine poli et d'une surface telle que la densité anodique du courant était d'environ 23 amp/dm^2; un fil d'or, entourant l'anode, jouait le rôle de cathode. Les températures de ces électrolyses sont comprises entre 10° et 20°.

Solutions.	Rendements pour 100 en éthane.
Acétate de potasse à 12 pour 100	88,1
» à 6 »	91,7
» à 3 »	93,2
Acétate de sodium à 6 »	93,6
» à 3 »	95,7

L'acétate d'ammonium m'a donné des résultats analogues.

6° Le rendement en éthane croît légèrement lorsqu'on élève la densité anodique de courant. Voici trois résultats obtenus par électrolyse du mélange : acétate de potasse, 20^g; alcool méthylique, 100^g; acide acétique, 30^g; au moyen d'une anode en platine.

Densité anodique de courant.	Rendements pour 100 en éthane.
23 Amp/dm^2	88,1
46 »	88,9
100 »	89,6

7° Choix de l'anode. Le métal qui convient le mieux comme anode est le platine poli. Une anode en fer poli passe très rapidement en solution. L'or passe également en solution, mais très lentement; il donne de faibles rendements en éthane, de l'ordre de 30 pour 100. Le platine platiné donne un rendement égal à 85 pour 100.

8° Je n'ai constaté aucune perturbation due à l'addition de faibles quantités d'eau (5 pour 100) à l'électrolyse.

9° En électrolysant une solution diluée (3 pour 100) d'acétate de soude dans l'alcool méthylique, on obtient un rendement en éthane égal à 95 pour 100. A côté de l'éthane on obtient 5 pour 100 d'acétate de méthyle.

Si l'on compare les électrolyses effectuées en milieu aqueux et en milieu méthylique on constate que :

1° En milieu méthylique les phénomènes d'oxydation sont évités;

2° La nature de l'anode (à condition que celle-ci ne soit pas attaquée par les ions $CH^3\overline{COO}$) a une influence bien moindre en milieu méthylique qu'en milieu aqueux;

3° Le rendement en éthane est plus élevé en milieu méthylique où il atteint 95 pour 100 qu'en milieu aqueux où il n'atteint que 85 pour 100.

Je me propose de poursuivre ces électrolyses en milieu méthylique et de voir les résultats que peuvent donner, non seulement les homologues supérieurs de l'acide acétique, mais encore les acides aromatiques et les acides contenant dans la molécule d'autres fonctions que la fonction acide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la magnétochimie des polymères.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons eu récemment [1] l'occasion de revenir en détail sur la définition des polymétaphosphates à propos d'un travail d'ensemble sur la polymérie, que nous poursuivons en utilisant à la fois les ressources de la chimie usuelle et de l'analyse magnétique.

Après avoir obtenu pour la première fois les monométaphosphates, dont le domaine d'existence paraît s'étendre à toute l'échelle des températures, nous avons identifié, avec leurs points de transition mutuelle, neuf espèces de polymétaphosphates, dont la filiation, parfois lacunaire dans certaines séries de sels, peut se résumer dans la suite :

---

[1] *Bull. Soc. chim.*, **33**, 1923, p. 1611, et **35**, 1924, p. 1119 et 1131.

Sels de Maddrell insolubles, trimétaphosphates, tétramétaphosphates, hexamétaphosphates complexes de Graham, hexamétaphosphates normaux, qui précèdent trois sels, dits de kurrol, colloïdaux en solution et de viscosité non croissante, pour aboutir aux hautes températures à une dernière forme non colloïdale.

Si le degré de condensation, comme l'indique la nomenclature, est nettement défini pour cinq de ces sels, il n'en est pas de même pour les polymères insolubles et colloïdaux, encore inaccessibles aux méthodes usuelles de détermination des poids moléculaires. Mais la mesure de la susceptibilité moléculaire χ_m des sels alcalins et des éthers-sels fournit des indications d'une extrême régularité.

En attribuant au métal alcalin la susceptibilité atomique constante que lui garantit sa valence invariable, on peut calculer par différence la part contributive y du groupement PO^3, ce qui donne, en C. G. S., en rapportant tout aux formules non condensées PO^3Na ou $PO^3C^2H^5$:

	$-10^7.\chi_m$.	$-10^7.y$.
Monométaphosphate de sodium	**425**	**333**
Sel sodique de Maddrell	417	325
Trimétaphosphate de sodium	**407**	**315**
Tétramétaphosphate de sodium	**390**	**298**
Hexamétaphosphate complexe de Graham	**381**	**289**
Hexamétaphosphate normal d'éthyle	**544**	**277**
1er sel de kurrol colloïdal de K	451	266
2e »	453	268
3e »	453	268
Sel non colloïdal	439	254

En conformité d'ailleurs avec nos recherches antérieures, nous avons, en passant, identifié aux métaphosphates de Kurrol le sel de sodium visqueux ($X_m = -355.10^{-7}$; $Y = -263.10^{-7}$) obtenu par l'action du sulfure sur le métaphosphate de plomb préparé au-dessus de 400°; ce sel était regardé comme un dimétaphosphate par Fleitmann, comme un hexamétaphosphate par Tammann.

Il est impossible de ne pas être frappé par la régularité des nombres de la dernière colonne, dont les caractères gras correspondent aux sels de constitution connue; et l'on est tenté de considérer le sel de Maddrell insoluble comme un dimétaphosphate. Quant aux sels colloïdaux de Kurrol, ce seraient trois formes d'un même octométaphosphate, le sel stable aux hautes températures, non colloïdal correspondrait lui-même à une forme condensée

voisine des décamétaphosphates, si l'on admet une extrapolation légère de la courbe reliant la susceptibilité moléculaire au degré de polymérisation. On notera enfin le diamagnétisme accru de l'hexamétaphosphate complexe par rapport à celui du sel normal, conformément à la règle générale.

Mais les résultats précédents permettent d'aller plus loin.

Par l'étude des sels paramagnétiques, nous avons démontré, il y a plus de quinze ans, le parallélisme frappant qui existe entre la disparition des propriétés analytiqnes des ions et l'atténuation de leurs propriétés magnétiques. Tout accroissement de la complexité saline se traduit par une diminution parfois considérable du paramagnétisme, et cet accident révèle l'existence d'une structure intraatomique dont le moment magnétique résultant est de plus en plus faible, ou, ce qui revient au même, dont l'édifice électronique possède une symétrie de plus en plus élevée.

Nous venons de voir que des perturbations de sens contraire se rencontrent dans l'étude de la polymérie des radicaux diamagnétiques minéraux. La complication croissante de ces groupements diminue donc la symétrie de l'édifice électronique par l'introduction de nouvelles liaisons, et il est à noter que la répercussion magnétochimique est de même sens et du même ordre de grandeur que la variation du diamagnétisme apportée par les doubles liaisons de la Chimie organique.

Rapprochés des observations de M[lle] Veil sur l'évolution des hydrates paramagnétiques, nos résultats, relatifs à des polymères de structure définie, semblent révéler des phénomènes communs à tous les types de structure magnétochimique et justifient l'étude que nous avons entreprise à leur sujet.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Argiles, kaolins, silices légères, densité, porosité, gaz occlus*. Note de M. **A. Bigot**, présentée par M. A. Haller.

Les silices d'infusoires, les silices de diatomées et les silices globulaires se rencontrent dans la nature sous forme de larges dépôts de matières agglomérées, humides, friables, de faible densité apparente.

L'origine des silices de diatomées et d'infusoires est connue; il n'en est pas de même pour les silices globulaires. Toutes ces silices sont hydratées comme les opales et leurs compositions chimiques sont assez voisines.

Exemples : A. Silice d'infusoires de Ouïllis (Région de Mostaganem).

B. Silice globulaire des Mesnes (Indre).

	A.	B.
Perte au feu	8,80	6,80
SiO^2	88,30	87,95
Al^2O^3	0,99	3,10
Fe^2O^3	1,01	1,05
CaO	0,30	0,10
MgO	0,07	0,90
P^2O^5	0,01	....

Ces silices, débarrassées par lévigation des sables qui les accompagnent, donnent après séchage des agglomérés friables dont la densité apparente est 0,61 pour la silice de Ouïllis et 0,72 pour la silice des Mesnes. Les poudres obtenues en écrasant ces agglomérés présentent de notables différences de densité apparente : celle de Ouïllis est de 0,160 et celle des Mesnes est de 0,425. La composition chimique des silices légères n'influe pas sur leur densité apparente.

Nous avons comprimé de la poudre de silice légère de Ouïllis à la pression de 100^{kg} par centimètre carré dans un moule cylindrique d'une presse hydraulique où l'on fait le vide à 2^{mm} de mercure: la majeure partie de l'air contenu dans la poudre a disparu sous l'effet combiné du vide et de la compression. Lorsque celle-ci cesse, la pièce cylindrique de silice, au sortir du moule, se gonfle spontanément en absorbant l'air qui avait été chassé.

Ces silices, maintenues pendant une demi-heure dans l'eau ou dans le pétrole bouillants, renferment encore des gaz occlus.

Pour déterminer leur densité absolue, nous employons la méthode du flacon et, comme liquide, du pétrole sec de densité connue. Le flacon étant à moitié rempli de pétrole on y verse un poids connu de silice préalablement séchée à 120° pendant 2 heures; on place le flacon sous une cloche où l'on fait et maintient le vide jusqu'à ce que tout dégagement de bulles de gaz ait cessé, ce qui se produit au bout de 1 ou 2 jours suivant la nature des silices; on termine ensuite l'opération d'après la méthode habituelle.

La densité absolue des silices que nous avons examinées varie entre 2,30 et 2,36, celle de la silice de Ouïllis est de 2,32. La poudre de cette silice de densité apparente 0,160 renferme en volume 6,89 pour 100 de silice et 93,11 pour 100 de gaz; l'aggloméré de cette silice qui a pour densité apparente 0,61 contient 26,29 pour 100 de silice et 73,71 pour 100 de gaz.

Nous avons préparé une éprouvette de 100^{cm^3} avec de la pâte molle composée d'eau et de silice de Ouïllis ; son poids est de 130^g et elle perd

65^g d'eau au séchage; cette éprouvette, à l'état de pâte molle, renfermait 65^{cm^3} d'eau et 28^{cm^3} de silice, soit au total 93^{cm^3}; il reste donc dans la pâte molle 7^{cm^3} occupés par de l'air, soit 7 pour 100 en volume.

Les argiles et les kaolins présentent à des degrés divers les mêmes propriétés. Une pâte molle préparée avec du kaolin de Plémet contient 5,3 pour 100 d'air, avec le kaolin des Eyzies la quantité d'air est de 2 pour 100. La plasticité colloïdale du kaolin de Plémet est de 1,78; celle du kaolin des Eyzies est de 4,25 (¹). La proportion des gaz occlus dans les argiles diminue quand la plasticité colloïdale augmente.

En appliquant la méthode d'immersion dans le pétrole et de l'action du vide nous avons obtenu avec précision la porosité volumétrique d'un grand nombre de roches, de verres, de porcelaines et d'autres matières dont quelques-unes étaient considérées comme imperméables.

La présence de l'air ou des gaz occlus dans ces matières détermine des phénomènes divers dont nous continuons l'étude.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les terres rares et la question du magnéton.* Note de M. **B. Cabrera**, présentée par M. Jean Perrin.

Il n'existe pas, au point de vue de la théorie du magnétisme, de problème plus intéressant que celui de résoudre de façon définitive si le magnéton de Weiss est une réalité ou non. L'extrême sensibilité du magnétisme des éléments du groupe du fer aux actions chimiques, produit fréquemment des erreurs très considérables dans le calcul des moments magnétiques des atomes, si l'on ne fait pas l'étude soigneuse de chaque cas. C'est pour cela qu'on a attribué récemment aux valeurs des moments magnétiques un degré d'inexactitude qui ne répond pas à la réalité (²).

Aussi ai-je cherché à résoudre le problème par l'étude soigneuse des cations des terres rares; pour ceux-ci, en effet, l'étage électronique en formation, où se trouve l'origine des moments magnétiques, est déjà assez profond, en sorte que les actions chimiques ont sur lui une influence très faible. C'est ce qu'ont montré nettement les expériences récentes de H.-R. Woltjer et H. Kamerling Onnes pour le $Gd^2(SO^4)^3, 8H^2O$.

(¹) A. Bigot, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 755.

(²) Epstein, *Science*, 57, mai 1920, p. 100. — Sommerfeld, *Phys. Zeits.*, 24, 1923, p. 363.

A mon avis cette conclusion doit être à peu près exacte pour tous ces éléments, et les études que nous avons faites jusqu'ici sur quelques oxydes et sulfates anhydres viennent la justifier. Par conséquent je l'ai admise pour les sels bien définis de la formule générale $M^2(SO^4)^3, 8H^2O$, sur lesquels ont porté mes mesures, et dont la plupart m'ont été aimablement fournis par M. Auer v. Welsbach. Les sulfates de Ce, Tb et Tu ont été préparés par mon collègue M. E. Moles en partant, pour Ce, du bioxyde (que je dois à l'obligeance de M. Prandtl), pour Tb du peroxyde, et pour Tu, du sesquioxyde (ces deux oxydes préparés par M. Auer v. Welsbach). Enfin M. G. Urbain m'a fourni d'autres échantillons précieux de terres rares.

Les mesures magnétiques ont été faites à la température ambiante par la méthode du champ non uniforme de Faraday. Nous avons utilisé comme étalon magnétique $MnSO_4$ anhydre (avec les valeurs de χ trouvées par Theodorides).

Le tableau suivant contient les valeurs trouvées pour la constante de Curie, C_a, rapportée à l'atome-gramme paramagnétique; l'écart moyen de chaque mesure, ε, exprimé en pour 100; le nombre de magnétons Weiss, n, calculé en partant de C_a, et finalement la différence pour 100 par rapport au nombre entier correspondant.

	La^{+++}.	Ce^{+++}.	Pr^{+++}.	Nd^{+++}.	Sm^{+++}.	Eu^{+++}.	Gd^{+++}.
C_a........	0	0,716	1,620	1,640	0,296 (?)	1,626	8,122
ε.........		±2,5	±0,59	±0,64		±0,13	±0,47
n.........	0	11,89	17,89	18,00	7,64 (?)	17,92	40,07
diff.......		−1,1	−0,61	0		−0,44	+0,17

	Tb^{+++}.	Dy^{+++}.	Ho^{+++}.	Er^{+++}.	Tu^{+++}.	Yb^{+++}.	Lu^{+++}.
C_a........	11,620	13,813	13,681	11,169	6,502	2,391	0
ε.........	±0,71	±0,68	±0,47	±0,54	±0,24	±0,44	
n.........	47,92	52,25	52,00	46,98	35,85	21,64	0
diff.......	−0,16	+0,48	0	−0,04	−0,41	−1,20	

On voit que la seule valeur franchement fractionnaire pour n se rapporte à Sm, mais il est probable que pour cet élément le diamagnétisme de l'atome même est appréciable. La correction correspondante élèverait la valeur de n. Pour arriver à 8 magnétons, la susceptibilité diamagnétique devrait être -97.10^{+6}. (Kopp a obtenu -57.10^{+6} pour Pd et -28.10^{+6} pour Pt).

Pour Ce, le sel étudié a été $Ce^2(SO^4)^3, 5H^2O$, au lieu de l'hydrate

avec 8^{mol} d'eau. Nous avons des raisons pour penser que Δ doit avoir pour ce sel une valeur sensible : pour obtenir $n = 12,0$, Δ doit être 5.

La valeur très basse du moment pour $Yb^2(SO^4)^3, 8H^2O$ n'est explicable que moyennant une valeur de $\Delta = +7$, ou une teneur dans le sel de 2,5 pour 100 de Lu. Il est également possible, pour Ce et Pr, que la présence de traces de La explique que le moment trouvé soit un peu trop faible.

Le cas de $Dy^2(SO^4)^3, 8H^2O$ est particulièrement intéressant, parce qu'il n'est pas possible qu'il contienne des impuretés plus magnétiques que lui-même. De plus, nous avons fait des mesures sur un Dy^2O^3, aimablement fourni par M. G. Urbain, mesures à partir desquelles, et en employant la valeur de Δ trouvée par E. H. Williams, on déduit $n = 51,94 \pm 0,12$, en accord avec $n = 51,86$ que j'avais calculé autrefois avec les mesures de Williams. La seule interprétation de la valeur du sulfate serait l'existence d'une valeur de $\Delta = -3$.

A ce propos, il est intéressant de rappeler que Jackson et Kamerling Onnes (1) ont annoncé la possibilité d'une valeur de $\Delta = -0,26$ pour le $Gd^2(SO^4)^3, 8H^2O$.

Les moments magnétiques des cations Nd^{+++}, Dy^{+++} et R^{+++} sont sensiblement ceux que j'ai déduits autrefois des mesures de Williams pour les oxydes, tandis que pour $Gd^2(SO^4)^3, 8H^2O$, et même pour le sel anhydre, le nombre de magnétons est 40 au lieu de 38, qui correspond à Gd^2O^3. Moi-même, j'ai confirmé cette différence par des mesures provisoires sur une préparation d'oxyde que je dois à M. G. Urbain. Tout cela est aussi d'accord avec les mesures faites à Leyde sur le sulfate et l'éthylsulfate. On peut conclure que le gadolinium existe dans deux états magnétiques caractérisés par 38 et 40 magnétons.

On doit remarquer encore que d'autres éléments des terres rares se rangent dans les deux groupes déjà signalés par St. Meyer (2), G. Urbain et G. Jantsch (3).

Depuis nos mesures, la loi devient plus nette. Si l'on figure les valeurs de n en fonction du nombre atomique, on voit que les points viennent se disposer sur deux courbes presque symétriques dont la première commence à $n = 0$ pour La^{+++} et finit aussi à $n = 0$ pour Eu^{+++}, et la seconde commence avec $n = 0$ pour Sm^{+++} et aboutit aussi à $n = 0$ pour Lu^{+++}.

---

(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 154.
(2) *Wien. Sitz.*, II*a*, 111, 1902, p. 38.
(3) *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 1286.

Bien entendu, la superposition entre Sm^{+++} et Eu^{+++} est hypothétique.

Il est bien évident que ces deux groupes démontrent que pour chacun d'eux les électrons ajoutés à l'atome viennent se loger dans des organisations différentes de la couche N, mais l'interprétation physique de la superposition que je viens d'indiquer n'est pas évidente. Il est bien probable que lors du changement de structure de l'atome entre Sm^{+++} et Eu^{+++}, en même temps que le nouvel électron vient se fixer sur N (II), un autre électron de la couche O vient se loger dans N (I), donnant à l'organisation toute sa symétrie. Il est intéressant de se rappeler que justement Sm et Eu sont les deux seuls métaux des terres rares qui forment des cations bivalents. Mais, comme la loi du déplacement du moment magnétique avec la valence, établie pour le groupe du fer, est ici exacte, au moins pour le groupe I, l'hypothèse que nous avons formulée indique que Sm^{+++} doit être diamagnétique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode générale de préparation des éthers-oxydes.* Note (¹) de M. H. Wuyts.

Une Note récente de M. J. B. Senderens, parue sous le même titre (²), a pu laisser supposer qu'à ce moment aucune méthode générale de préparation des éthers-oxydes, basée sur l'emploi d'acide sulfurique, n'était connue. Qu'il me soit permis de rappeler que M. J. Popelier (³) a élaboré une méthode générale d'éthérification des alcools primaires acycliques inférieurs, basée sur l'action de quantités modérées d'acide sulfurique sur ces alcools et sur l'élimination de l'eau d'éthérification sous forme de mélanges azéotropiques (à ébullition minima). L'étude des plus importants des mélanges de cette nature susceptibles d'apparaître au cours de ces réactions a été faite; elle est nécessaire pour permettre de rendre ces préparations rationnelles. Les éthers-oxydes de propyle *n.*, amyle *n.*, et isoamyle ont été ainsi obtenus. Ces préparations ne constituent en réalité qu'une extension aux éthers-oxydes d'une méthode déjà appliquée dans mon laboratoire à la préparation d'éthers-sels (⁴) et

(¹) Séance du 23 février 1925.

(²) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1015.

(³) *Bull. Soc. chim. de Belgique*, **32**, 14 mars 1923, p. 179; une communication préliminaire sur l'oxyde de butyle *n.* date du 19 octobre 1921 (30).

(⁴) Wuyts et Bailleux, *ibid.*, **29**, 1920, p. 57.

par la suite aux alcools secondaires (¹), aux formols (²) et aux acétals (³).

Les alcools sont additionnés de 10 pour 100 environ d'acide sulfurique et chauffés progressivement, au bain d'huile, dans un ballon muni d'un déflegmateur puissant. On distille lentement d'abord un mélange binaire d'eau et d'alcool; l'eau éliminée à ce moment provient pour une part de celle contenue dans l'acide employé, mais pour la majeure partie de l'éthérification de l'acide sulfurique en sulfate acide d'alkyle.

La formation d'éther-oxyde se produit ensuite peu à peu, et la température des vapeurs tend vers le point d'ébullition des mélanges ternaires (eau, alcool, oxyde). Ces mélanges sont suffisamment pauvres en oxydes, dans le cas des alcools amyliques, pour pouvoir être négligés au point de vue du rendement, et le traitement des résidus par la vapeur, suivi du fractionnement de la couche huileuse, fournit la presque totalité de l'oxyde formé. La préparation de l'oxyde de butyle n. donne lieu d'abord au départ du mélange alcool-eau (éb. 92°,6), puis du mélange ternaire (éb. 91°); mais ce dernier, ainsi qu'un mélange binaire alcool-oxyde qui apparaît au cours de la rectification finale, est assez riche pour qu'il soit avantageux d'en retirer l'oxyde. Nous donnons plus loin quelques indications sur les mélanges aréotropiques nouveaux jouant un rôle dans ces préparations. On verra que dans le cas de l'oxyde de butyle l'addition d'eau au mélange alcool-oxyde (éb. 117°,25), suivie de distillation, pourra faire passer tout l'oxyde à l'état de mélange ternaire (éb. 91°); celui-ci est hétérogène; débarrassé de la couche aqueuse par décantation, il donnera de l'oxyde par distillation ou par un traitement à l'acide sulfurique à 50 pour 100, lequel dissout l'alcool.

Enfin, dans l'éthérification du propanol, après élimination du mélange alcool-eau (éb. 87°,7), il se forme lentement du mélange ternaire (éb. 74°,8), lequel entraîne pratiquement tout l'oxyde et l'eau formés; après décantation de la couche aqueuse, le mélange est débarrassé de propanol au moyen d'acide sulfurique à 50 pour 100.

Mélange binaire :

	Ébull.
Alcool butylique n. (éb. 117°,5); oxyde de butyle n. (éb. 141°,9)........ 88 + 12	117°,25

(¹) R. Vernimmen, *ibid.*, 33, 1924, p. 96.
(²) M. Ghysels, *ibid.*, 33, 1924, p. 57.
(³) J. Béduwé, *ibid.*, 33, 1924, p. 541; voir aussi H. Wuyts, *ibid.*, 33, 1924, p. 167.

Mélanges ternaires :

	Ébull.
Alcool propyliq. *n.* (éb. 97°,3); eau (éb. 100°); oxyde de propyle *n.* (éb. 90°,7)..	74°,8
20,2 + 11,7 + 68,1	
Alcool butyliq. *n.* (éb. 117°,7); eau (éb. 100°); oxyde de butyle *n.* (éb. 141°,9)..	91°
42,9 + 29,3 + 27,7	
Alcool isoamyliq. *n.* (éb. 131°,5); eau (éb. 100°); oxyde d'isoamyle (éb. 171°)....	94°,4
Alcool amyliq. *n.* (éb 138°); eau (éb. 100°); oxyde d'amyle *n.* (éb. 188°)........	95°,9

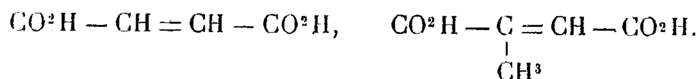
CHIMIE ORGANIQUE. — *Rapports de la structure avec l'oxydation sulfochromique.* Note de M. **Louis-Jacques Simon**.

Dans une Note antérieure (¹) j'ai déjà signalé que « la combustion sulfochromique révèle des différences de structure qui échappent à la méthode habituelle de combustion ». Je me propose dans la présente Note de signaler quelques cas où la structure se trouve ainsi mise en évidence.

Je rappelle que l'oxydation chromique des biacides à *chaîne linéaire* de la série de l'acide oxalique nous a montré (²) qu'ils sont justiciables de notre technique de détermination quantitative du carbone. L'examen du tableau de la page suivante prouve que cette conclusion s'étend à tous les biacides à chaîne linéaire renfermant dans cette chaîne d'autres fonctions : alcoolique, éthylénique, cétonique. Les valeurs fournies par l'oxydation chromique ou argentochromique sont toutes deux d'accord avec la valeur théorique. Si l'on en juge d'après le cas de l'acide citrique cette conclusion s'étend également au cas où dans l'un des acides précédents un atome d'hydrogène est remplacé par un groupe CO^2H.

Il a été déjà signalé (¹) que la présence d'un groupe CH^3 lié latéralement à un atome de carbone se manifeste par un déficit d'oxydation correspondant $n\frac{C_2-C_1}{C_2}$ (*n* nombre d'atomes de C) (*loc. cit.*).

Un cas particulièrement intéressant est celui où un groupe CH^2 bivalent est rattaché de la même manière. Envisageons par exemple le groupe des acides isomères non saturés dérivés de l'acide citrique : les acides citraconique, mésaconique et itaconique. Les deux premiers sont à considérer comme des stéréoisomères, à la manière des acides maléique et fumarique :


$$CO^2H-CH=CH-CO^2H, \qquad CO^2H-\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{C}}=CH-CO^2H.$$

(¹) *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 1070-1072.
(²) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1706-1708.

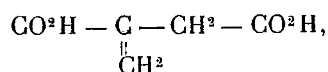
TABLEAU (¹).

Nom des substances.	Carbone pour 100. C_1 (par CrO^3).	C_2 (par $Cr^2O^7Ag^2$).	Valeur théorique.	Déficit d'oxydation Δ.
Acide tartrique	32,2 32,5 32,7 32,5	32,4 32,2	32	
Tartrate monosodique (H^2O)	25,3 25,6	25,4	25,3	
» disodique ($2H^2O$)	20,9 20,86	21,1	20,9	
» dipotassique ($\frac{1}{2}H^2O$)	20,7 20,5	20,8 20,7	20,4	
» monoammonique	29,25 29,1	29,2 29,3	28,7	
» sodicoammonique ($4H^2O$)	18,5 18,75	18,8	18,4	
» sodicopotassique ($4H^2O$)	17,5 17,4	17,9 17,7	17,0	
Acide malique	35,3 35,5 35,5 35,8	35,7 35,9	35,8	
» maléique (éch. I)	41,43 41,15 40,06	40,7 40,9	41,35	
» » (éch. II)	41,3 40,3 40,5 39,9	41,1 40,9	41,35	
» fumarique (éch. I)	40,6 40,6	40,8 40,5	41,35	
» » (éch. II)	41,33 41,67	40,8 40,7	41,35	
Maléate de méthyle	50,3 49,8	50,4 49,8 49,9	50	
Fumarate de méthyle	49,8 49,3 49,3	49,9 49,7	50	
Oxalacétate de méthyle (dérivé cuprique)	34,74 34,96	35,9	36	
Acide citrique (H^2O)	34,6	34,6 34,8	34,3	
» aconétique	40,9 40,8	41,5 41,8	41,4	
Allylmalonate de méthyle	54,85 55,0 55,2	55,3 55,8	55,8	
Acide itaconique	44,7 45,5 45,7	45,9 46,2	46,1	0
» citraconique	41,5 41,3 41,4	45,5 45,85	46,1	0,5
» mésaconique	38,3 38,3	44,8 45,8 46	46,1	0,85
Anhydride citraconique	46,2 44 43,2	53,1 53,6	53,6	1,6
Itaconate d'argent	17,16 17,25	17,6 17,5	17,4	0
Citraconate d'argent	15,7 16	17,7 17,6	17,4	0,5
Mésaconate » éch. I	13,6 13,8	17,6	17,4	1
Mésaconate » éch. II	13,3 13,8	17,5		
Citraconate de méthyle	51,9 51,66	53,3 53,5 52,1 51,9 51,95	53,2	0,2
Mésaconate »	51,7 51,4 51,8	52,9 53,2	53,2	0,2

Pour ces acides aussi bien que pour leurs sels et leur éther méthylique la présence du radical CH^3 se manifeste par un déficit d'oxydation. Il en est de même pour l'anhydride citraconique.

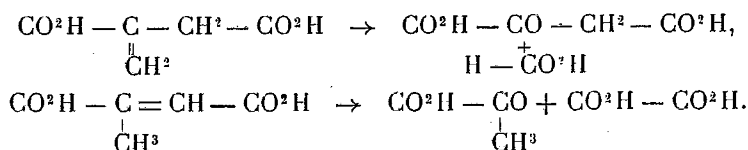
(¹) Dans ce tableau les chiffres en caractères gras se rapportent à une durée de chauffe de 4 minutes. Pour le cas d'emploi du bichromate d'argent il est généralement préférable d'employer une dose de sel moindre (4g au lieu de 12g) et de prolonger la durée de chauffe 30 minutes (voir *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 975-977). Pour le cas d'emploi de l'anhydride chromique on peut constater que l'on a utilisé les deux techniques et constaté leur équivalence.

L'acide itaconique a une structure différente



$$CO^2H - \underset{\underset{CH^2}{\|}}{C} - CH^2 - CO^2H,$$

il renferme un groupe CH^2 latéral. *Corrélativement le déficit d'oxydation s'annule.* La manière différente dont se comportent les trois isomères à l'oxydation s'interprète aisément. On a toujours admis que cette oxydation se porte d'abord sur la liaison éthylénique. Dans le cas de l'acide itaconique la phase intermédiaire comporte les acides formique et oxalacétique qui sont complètement brûlés par CrO^3, dont le déficit d'oxydation est nul : il en va de même de l'acide itaconique. Pour les deux autres isomères la phase intermédiaire à prévoir comporte les acides oxalique et pyruvique. Le premier est complètement brûlé par CrO^3 mais non pas le second. Pour l'acide pyruvique le déficit d'oxydation est 0,65 environ; pour son éther méthylique 0,30. Ces nombres sont suffisamment d'accord avec l'observation :



$$CO^2H - \underset{\underset{CH^2}{\|}}{C} - CH^2 - CO^2H \rightarrow CO^2H - CO - CH^2 - CO^2H, + H - CO^2H$$

$$CO^2H - \underset{\underset{CH^3}{|}}{C} = CH - CO^2H \rightarrow CO^2H - \underset{\underset{CH^3}{|}}{CO} + CO^2H - CO^2H.$$

On verra facilement que l'acide aconitique doit se comporter comme l'acide itaconique; l'allylmalonate de méthyle renferme également un groupe CH^2 latéral. Son oxydation chromique complète fait prévoir qu'il en sera de même des triacides de la forme $CO^2H - R - CH(CO^2H)^2$.

Remarque. — Les déficits d'oxydation des acides mésaconique et citraconique et de leurs sels d'argent sont assez différents pour que l'on puisse se demander si la méthode ne se prêterait pas à distinguer des isoméries plus délicates encore que les isoméries de position ou les tautoméries.

En résumé l'allure des acides non saturés à l'*oxydation chromique comparée* est en rapport avec leur structure au moins pour les polyacides. Sera-t-il possible de suivre le même parallélisme avec les monoacides?

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le diacétylène.* Note de MM. **Lespieau** et **Charles Prévost**, présentée par M. Haller.

Le diacétylène



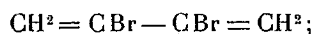
$$CH \equiv C - C \equiv CH$$

a été découvert par Baeyer, qui l'obtint en décomposant par le cyanure de potassium un précipité rouge violacé résultant de l'action du chlorure cuivreux ammoniacal sur le diacétylène dicarbonate d'ammonium. Voici ce qu'il en a fait connaître : gaz obtenu en quantité trop faible pour qu'on essaie de liquéfier, précipite en rouge violet le chlorure cuivreux, en jaune le nitrate d'argent ammoniacal. Le second précipité, très explosif, par action de l'iode fournit un corps blanc, fondant à 101°, se polymérisant rapidement en brun à la lumière, et renfermant un atome d'iode pour deux de carbone. C'est le seul corps de ce travail qui ait été analysé.

La présence de diacétylène dans le gaz obtenu en décomposant l'acétylure cuivreux par l'acide chlorhydrique a depuis paru démontrée à Noyes et Tucker, parce que l'action de ce gaz sur le brome fournit, en outre du tétrabromure d'acétylène, une faible quantité d'un corps cristallisé, $C^4H^2Br^6$. En refroidissant ce gaz, Noyes a condensé quelques centimètres cubes d'un liquide bouillant entre 40 et 50°, contenant une forte proportion de composés chlorés, qui n'ont pu être éliminés (par distillation).

Nous avons pensé qu'on arriverait au diacétylène plus facilement que par le procédé de Baeyer en attaquant les tétrabromures d'érythrène par la potasse alcoolique. La réussite n'était pas certaine, cette attaque ayant déjà été faite par Grimaux et Cloez, qui n'en avaient retiré qu'un liquide se polymérisant en quelques minutes; l'analyse du polymère, corps solide, correspondait à celle d'un composé $(C^2H^2Br)^n$.

Le liquide en question devait être le dibromure



$$CH^2=CBr-CBr=CH^2;$$

nos efforts se sont portés d'abord sur l'obtention de ce corps dont l'instabilité trop grande aurait pu être une cause d'échec. En remplaçant la potasse alcoolique par la quantité théorique de sodium dissous dans l'alcool à 95°, opérant à froid, distillant ensuite l'alcool, et ajoutant de l'eau à ce distillat, nous avons pu isoler ce dibromure sous forme d'une huile. Une nouvelle distillation (en présence d'une trace d'hydroquinone), a polymérisé partiellement celle-ci, mais cependant a fourni 10^g d'un liquide à peine visqueux, parfaitement limpide, passant bien à 44° sous 10^{mm}, et fondant à $-21°,5$. Nous avons aussitôt déterminé sa densité, 1,961, et son indice, 1,5723, tous deux à 15°; il en découle une réfraction moléculaire égale à 35,58, la théorie voulant 35,476. Une cryoscopie acétique, pour un demi-degré d'abaissement, indique un poids moléculaire égal à 215,

théorie 212. Ce dibromure, en tube scellé, s'est conservé limpide pendant plusieurs heures, puis il s'est troublé, se transformant lentement en un polymère blanc, mais la transformation n'a été complète qu'au bout de plusieurs jours.

Nous avons alors repris l'attaque des tétrabromures d'érythrène (tous deux donnent le même résultat final) par la potasse alcoolique en excès. Cette potasse ne cédait plus d'alcool à 160°; pendant l'attaque on l'a maintenue entre 150 et 160°, l'alcool qui tendait alors à distiller était ramené dans le ballon, les gaz sortant de celui-ci, après passage sur du chlorure de calcium, se rendaient dans un petit ballon dont le fond était maintenu aux environs de 0°, puis dans un second plongé dans de l'ammoniaque liquide et relié, par l'intermédiaire d'un tube à anhydride phosphorique à un flacon de Deville servant de gazomètre. Il ne s'est condensé qu'une goutte dans le ballon à 0°, et il n'est passé presque rien dans le gazomètre. Dans le ballon le plus refroidi on a recueilli environ 6$^{cm^3}$ de liquide (pour 230^{g} de tétrabromures employés).

Le ballon étant sorti de son bain, on a distillé son contenu dont les vapeurs ont été conduites par un tube fin dans une ampoule munie d'un robinet refroidie par l'ammoniaque. Un thermomètre avait été plongé dans le liquide distillant, il monta très rapidement à 9°,5 et ne dépassa spontanément 10° qu'au moment où il ne resta qu'une goutte dans le ballon. A vrai dire il ne fut pas possible d'observer une ébullition avec production de bulles intérieures, en sorte qu'on peut se demander s'il n'y eut pas simplement évaporation superficielle. Néanmoins en approchant une lampe 1/2 watt il était possible de faire monter le thermomètre à 11° et 12°, mais dès qu'on éloignait la lampe il revenait à 10° (la température ambiante était 15° environ), de plus le tube de sortie qui pénétrait dans le robinet de l'ampoule était fort étroit, en sorte qu'il est permis de penser que 10° est bien une température d'ébullition. Dès que la température s'éleva spontanément au dessus de 10° nous éloignâmes l'ampoule, la goutte restant alors dans le ballon ne passa ni à 15, ni à 20°.

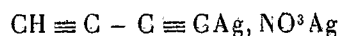
Pas plus que Baeyer nous n'avons analysé le corps obtenu, néanmoins nous tenons pour certain que le contenu de l'ampoule était formé par du diacétylène sensiblement pur. Nous avons fait sur lui quelques mesures : à 5° sa densité fut trouvée 0,7107, son indice 1,4198, ce qui implique une réfraction moléculaire 17,76. Avec le nombre 2,319 pour la triple liaison il ne faudrait que 16,74, mais on pouvait s'attendre à rencontrer ici une forte exaltation, étant donnés les résultats trouvés par M. Moureu, à propos du

diphényldiacétylène par exemple; aussi espérons nous n'avoir pas à modifier ces nombres par la suite.

Nous avons cryoscopé ce corps dans l'acide acétique : on l'a introduit enfermé dans une ampoule scellée qu'on a brisée au fond du solvant. La proportion de diacétylène pour 100 étant de 0,6165 l'aissement s'est trouvé de 0°,47, d'où un poids moléculaire 51, la théorie voulant 50.

Par le chlorure cuivreux ammoniacal nous avons observé la formation d'un précipité rouge vif, plutôt rouge sang que rouge violet, paraissant toutefois plus violet après dessiccation; avec le nitrate d'argent ammoniacal un précipité jaune détonant facilement et avec violence, qui additionné d'iode a fourni des cristaux commençant à fondre à 98°, et sans doute identiques aux cristaux de diiodure décrits par Baeyer, car ils donnent également un polymère brun (puis noir) détonant par la chaleur, mais nous en avions préparé trop peu pour pouvoir les purifier complètement.

En solution alcoolique le nitrate d'argent, additionné d'un excès de carbure, a donné un précipité jaune citron clair détonant avec violence par frottement. A l'analyse on y a trouvé 66,66 pour 100 d'argent et 65,75. Ces nombres correspondent à la formule



$$CH \equiv C - C \equiv CAg, NO^3Ag$$

qui veut 66,06. Rappelons qu'un composé deux fois acétylénique vrai, l'oxyde de propargyle, s'est montré susceptible de réagir de même par un seul de ses CH sur le nitrate d'argent alcoolique, comme l'a montré M. Kirrmann (Diplôme d'études, Paris, 1922).

L'alcool qui avait servi dans la préparation du diacétylène redistillé, a fourni d'abord des portions précipitant le chlorure cuivreux en rouge, après cela en orangé, et ensuite en jaune franc. A ce moment le nitrate d'argent alcoolique a donné un précipité contenant 52 pour 100 d'argent, ce qui correspond sensiblement à la formule



$$CH^2 = CBr - C \equiv CAg, NO^3Ag.$$

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de méthane dans divers dégagements gazeux observés dans la Limagne d'Auvergne.* Note de M. **R. Fric**, présentée par M. A. Cotton.

Lors des sondages effectués au Puy-de-la-Poix, à 4^{km} environ à l'est de Clermont-Ferrand, on avait observé à 75^{m} environ de profondeur

(puits n° 2) un jaillissement brusque de l'eau remplissant le trou de sonde, accompagné d'un dégagement gazeux violent, dans lequel la proportion de H^2S était assez grande pour que l'odeur en fût perçue à plus d'un kilomètre de là. Puis l'eau revint à son niveau normal, remplissant le trou de sonde jusqu'à une douzaine de mètres au-dessous de l'orifice. Quelques bulles de gaz venaient crever à sa surface.

Ayant pu non sans difficulté les recueillir, je pus y observer :

CO^2 avec traces de H^2S	73,8
O	1,5
Méthane	19,8
Gaz résiduels comptés comme azote	4,6

N'y aurait-il pas lieu de rapprocher ces chiffres de ceux obtenus par Mure, qui analysant en 1875 les gaz dégagés par la source bitumineuse située à une vingtaine de mètres de là, avait signalé CO^2 — 66, H^2S — 28, Az — 6, et de penser qu'une partie de ce que Mure a compté comme azote est en réalité du méthane? La vérification n'a pas été possible, les divers sondages effectués dans le voisinage ayant tari entièrement la source. Il faut noter la faible quantité de H^2S que j'ai observée et l'attribuer je crois à la dissolution du gaz qui se produit lorsque les bulles ont à traverser la très longue colonne d'eau (60^m environ) remplissant le trou de sonde; cette eau en donnait très nettement la réaction. Les proportions relatives des constituants du gaz recueilli ne sont pas les mêmes qu'au point de dégagement.

D'autre part, dans les gaz prélevés par M. Aumaître, à Pont-du-Château, à 10^{km} de là, au cours d'un sondage de recherches, gaz qu'il m'a très aimablement envoyés, j'ai pu constater la présence presque exclusive de méthane (57 pour 100) et d'azote (gaz résiduels) sans acide carbonique.

Cette présence de méthane, que l'on rencontre également dans les gaz naturels des champs de pétrole, aux États-Unis et à Pechelbronn par exemple, m'a paru intéressante à rapprocher de l'existence de carbures pétrolifères dans le sous-sol de la Limagne.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur un réfractomètre marin à double déviation.* Note de M. **Alphonse Berget**, présentée par M. L. Joubin.

La détermination de l'indice de réfraction de l'eau de mer prend une importance de plus en plus grande : la connaissance de cette grandeur permet, en effet, d'arriver simplement à celle de la salinité. Il est donc intéressant d'avoir des instruments simples et sûrs, donnant une précision qui corresponde aux exigences des mesures faites en Océanographie.

L'appareil décrit ici me paraît remplir ces conditions.

Il se compose essentiellement d'un système de deux prismes creux, en glaces à faces parallèles; ces deux prismes ont une section carrée, et le plus petit est placé à l'intérieur du plus grand de façon que leurs faces aient, entre elles, des angles de 45°. Le système des deux prismes est placé entre un collimateur et une lunette munie d'un oculaire micrométrique à tambour divisé.

Supposons que les deux prismes renferment le même liquide : leur ensemble se comportera comme un système à faces parallèles et le faisceau des rayons incidents ne subira aucune déviation. Mais si nous plaçons dans le prisme extérieur un liquide étalon et dans le prisme intérieur un liquide d'indice un peu plus élevé, le faisceau incident sera dédoublé par les deux moitiés du prisme intérieur et l'on aura, dans le plan focal de la lunette, *deux images* également nettes de la fente du collimateur, dont on mesurera la distance à l'aide du fil mobile d'oculaire micrométrique.

Si nous appelons n l'indice du liquide étalon et N l'indice du liquide à étudier, le calcul montre que la condition de fonctionnement de l'appareil est $N\sqrt{2} < n\sqrt{3}$, ou $\frac{N}{n} < 1,224$.

L'instrument peut donc servir à comparer les indices de liquides de compositions très voisines, ce qui est le cas pour les eaux de mer : on prend alors, pour liquide étalon, une solution de chlorure de sodium à 35 pour 1000, comme l'a proposé M. Gabriel Bertrand.

Les indices des deux liquides étant toujours très voisins et les liquides étant, par la disposition même de l'appareil, à la même température, l'influence des variations de celle-ci est négligeable dans la pratique.

La précision de ce réfractomètre dépend des distances focales du colimateur et de la lunette. Avec le modèle actuellement construit, cette dis-

tance étant de 30^{cm}, on mesure la salinité d'une eau de mer avec une approximation de la cinquième décimale. En outre, le prisme intérieur étant très petit, il suffit de quelques centimètres cubes du liquide à étudier pour faire la détermination.

Cet instrument trouve également son application dans l'industrie pour apprécier le degré de pureté de différents liquides : huiles, essences, solutions salines, etc., par rapport à un liquide étalon. La mesure, très rapidement effectuée, ne demande que quelques minutes.

OCÉANOGRAPHIE. — *Remarques sur la courbe de salinité des eaux sur la côte occidentale du Maroc.* Note de M. **A. Gruvel**, présentée par M. L. Joubin.

On sait que, d'une façon générale, aussi bien en Méditerranée que dans l'Atlantique, la salinité des eaux croît avec la profondeur, jusqu'à une limite déterminée, puis décroît plus ou moins rapidement, à mesure que la profondeur augmente. Les couches les plus salées, par conséquent les plus denses, se superposent ainsi, régulièrement, sur une hauteur variable, pour faire place ensuite à des couches moins salées, par conséquent moins denses, qui se prolongent plus ou moins profondément.

En Méditerranée, par exemple, les observations océanographiques du *Thor* ont montré que la densité croissait jusqu'à une profondeur moyenne de 4 à 500^{m}, puis diminuait régulièrement.

Depuis plusieurs années, le Gouvernement chérifien veut bien mettre à notre disposition, pour des études biologiques et océanographiques appliquées à l'industrie des pêches maritimes, le remorqueur *Vanneau*, du port de Casablanca.

Sur un programme que j'ai étudié avec le Directeur général des Travaux publics, des recherches de toutes sortes, zoologiques, lithologiques et océanographiques, sont poursuivies depuis deux ans. Les prises d'échantillons d'eau et de température, en profondeur, sont faites régulièrement, depuis 3 ans, mais ont donné, cette année plus particulièrement, des résultats qui me paraissent très intéressants à signaler, et qui montrent l'importance de ces études spéciales qui demandent à être poursuivies avec le plus grand soin.

Les observations ont été surtout très nettes en quelques points d'une zone

passant au large de Casablanca entre 7° et 8° environ de longitude et sur des profondeurs qui ont atteint, au maximum, 170ᵐ.

Contrairement à ce qui se passe généralement, et que nous avons signalé plus haut, sur *tous les points* de la côte marocaine où des observations ont été faites, la salinité décroît *en même temps* que la *profondeur* et que la *température*, jusqu'à une profondeur assez variable, du reste.

Ce fait est absolument net dans la plupart des stations faites en 1923 et dans la *totalité* de celles de 1924 soit, en tout, 60 stations, 30 pour chaque année.

Si, par hasard, on aperçoit une élévation de chloruration et, par conséquent, de salinité, on n'a qu'à regarder la température de l'eau à la profondeur où se produit cette élévation et l'on s'aperçoit que la *température* s'est élevée.

La salinité des eaux sur cette côte du Maroc suit donc la température, s'abaissant avec elle jusqu'à une certaine profondeur et remontant aussi avec elle.

Nous ne sommes malheureusement pas suffisamment outillés pour poursuivre ces recherches, extrêmement intéressantes, au delà de fonds de plus de 200ᵐ, et il serait particulièrement instructif d'étudier la courbe des salinités en cette région jusqu'à 1500 ou 2000ᵐ.

Le fait indéniable c'est que, d'une façon générale, l'eau la plus salée est en surface jusqu'à une profondeur et une température déterminées. La courbe de salinité est ici absolument inverse de celle déterminée en Méditerranée par exemple, par les recherches du *Thor*.

Ce n'est pas là, évidemment, une nouveauté absolue, puisque de semblables phénomènes ont été signalés par le Prince de Monaco, dans la région des Açores et en certains points du golfe de Gascogne.

Mais nous ne pensons pas que des faits semblables aient été signalés jusqu'ici sur les côtes du Maroc où ils présentent une régularité qui n'a été indiquée nulle part ailleurs.

BOTANIQUE. — *Homologies foliaires chez la Violette odorante : Feuilles végétatives, préfeuilles et bractées.* Note de M. **P. Bugnon**, présentée par M. Guignard.

La recherche des homologies qui peuvent exister, chez les Violettes, entre les différents phyllomes, de constitution si dissemblable au premier

abord, offre un intérêt particulier du fait que la feuille végétative, avec son limbe, son pétiole, sa base engainante et stipulée, représente le type de la feuille « complète » des Dicotylédones.

L'étude d'ensemble que j'ai consacrée, de ce point de vue, à la Violette odorante (*Viola odorata* L.), en faisant appel aux données de la morphologie, de l'anatomie, de l'ontogénie, de la tératologie, m'a conduit à quelques conclusions importantes, s'opposant plus ou moins aux conceptions antérieures; je crois utile de les faire connaître dès maintenant, en me bornant à l'argumentation essentielle; leur justification détaillée paraîtra dans un autre recueil.

L'ébauche de la *feuille végétative* comprend un lobe médian, le plus important et le premier formé, et deux lobes latéraux; en se développant, ceux-ci produisent les stipules; le limbe et le pétiole dérivent du médian; l'allongement du pétiole se fait tardivement par accroissement intercalaire. La base foliaire qui supporte ces trois lobes ne s'insère pas, en général, sur tout le pourtour de la tige; il en est ainsi dans les rosettes terminales, où les feuilles restent étroitement groupées; par contre, sur les stolons, où des entre-nœuds allongés se constituent de très bonne heure, la base foliaire peut entourer complètement l'axe : c'est le cas babituel, par exemple, pour la troisième feuille de ces stolons.

Les trois lobes principaux de la feuille ont chacun un faisceau conducteur principal et médian; ces trois faisceaux principaux se différencient dans le même ordre et prennent la même importance relative que les lobes auxquels ils correspondent; ils pénètrent seuls et indépendamment l'un de l'autre dans l'anneau conducteur caulinaire. Dans les rosettes terminales, où la disposition phyllotaxique est quinconciale, les deux faisceaux latéraux stipulaires pénètrent dans l'anneau caulinaire au niveau des orthostiques situés de part et d'autre de l'orthostique du faisceau médian, c'est-à-dire aux extrémités de l'arc de 144°, équivalent à la divergence foliaire 2/5, et au milieu duquel pénètre le faisceau médian. Par contre, sur les stolons, où les feuilles sont très écartées, les trois faisceaux de la trace foliaire pénètrent dans l'anneau caulinaire en des points sensiblement équidistants, figurant les sommets d'un triangle équilatéral inscrit.

Les trois lobes foliaires principaux et la base qui les supporte peuvent offrir, dans certaines feuilles, une importance relative toute différente. C'est ce qui arrive souvent, par exemple, pour les feuilles inférieures des bourgeons auxiliaires. La troisième feuille des solons, notamment, peut présenter tous les intermédiaires entre la feuille végétative ordinaire, à limbe et pétiole bien développés, à base foliaire très courte, et l'écaille à sommet encore trilobé, mais très réduit, à base foliaire allongée, amincie, et d'importance tout à fait prépondérante; cette feuille n'est plus alors qu'un *phyllode de base foliaire*. C'est cet état que présentent toujours les deux premières feuilles du bourgeon axillaire, ou *préfeuilles;* en général, celles-ci n'ont même plus qu'une seule pointe, les deux lobes latéraux n'ayant pas réussi à se différencier dans l'ébauche initiale; parfois, cependant, on trouve encore un sommet trilobé à la deuxième préfeuille. Les deux *bractées* du pédoncule floral ne sont que les préfeuilles

du bourgeon axillaire florifère : elles sont exactement homologues des préfeuilles du bourgeon axillaire végétatif.

La réduction du développement des trois lobes primordiaux entraîne celle des trois faisceaux principaux qui leur correspondent; en particulier, la réduction considérable qui peut affecter le lobe médian amène son faisceau à n'être qu'à peine plus important que les deux faisceaux latéraux stipulaires : la base foliaire agrandie des écailles inférieures des bourgeons tend ainsi à prendre une nervation d'ensemble parallèle, image de celle des feuilles typiques de Monocotylédones. Ses trois faisceaux principaux convergent vers son sommet, où ils se réunissent sous la base des trois lobes primordiaux plus ou moins atrophiés.

La réduction peut encore être poussée plus loin : seul, le faisceau médian se développe assez pour atteindre l'anneau caulinaire; les deux latéraux s'éteignent dans la base foliaire avant d'atteindre la tige : c'est le cas habituel pour les préfeuilles. Pour les premières feuilles qui suivent les préfeuilles, il arrive parfois que l'un des latéraux atteigne seul la tige. L'existence de ces faisceaux latéraux sans raccord direct avec l'appareil conducteur caulinaire paraît inexplicable si l'on n'admet pas la *différenciation basipète des traces foliaires*, à partir d'un point d'origine situé dans la base foliaire. Les petits faisceaux marginaux des stipules, dans les feuilles végétatives ordinaires, s'éteignent aussi dans la base foliaire avant d'atteindre la tige.

Le limbe adulte présente des lobes secondaires qui le rendent crénelé; ces lobes se forment progressivement : ils sont de plus en plus jeunes en allant du sommet à la base du limbe.

Les stipules adultes des feuilles végétatives ordinaires portent sur leurs deux bords des appendices capités-glanduleux. Ceux ci sont équivalents aux lobes secondaires du limbe, qui présentent en général les mêmes glandes à leur sommet, tout près des sinus séparant les lobes successifs. Sur des limbes très réduits (feuilles inférieures des stolons), on peut en effet trouver, d'un côté du limbe, des lobes élargis ordinaires alors que, de l'autre côté, ce sont des appendices capités étroits, identiques à ceux des stipules. Ces appendices se forment également sur les bords latéraux des bases foliaires, bords qui continuent ceux de la marge des stipules : c'est pourquoi les préfeuilles ont, au premier abord, l'apparence de stipules.

Mais la nervation des préfeuilles, avec faisceau médian toujours présent, unique et prédominant, le mode de raccord de leur appareil conducteur avec celui de la tige, l'existence de préfeuilles à sommet trilobé, sont autant de faits qui ne permettent pas d'accepter pour elles l'interprétation proposée par Glück [1] et suivant laquelle une préfeuille équivaudrait à deux stipules concrescentes, la portion médiane de la feuille s'étant complètement atrophiée.

Feuilles végétatives, *préfeuilles* et *bractées* sont, chez la Violette odorante, des organes homologues : leurs différences morphologiques et anatomiques tiennent essentiellement aux variations de l'importance relative prise par la base foliaire et par les trois lobes primordiaux (pétio-limbaire et stipulaires) qui la surmontent.

---

[1] H. GLÜCK, *Blatt- und Blütenmorphologische Studien*, Iéna, 1919, p. 308-309.

BOTANIQUE. — *Sur les peroxydases dans les graines sèches.* Note de M. Henri Coupin, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Pour déceler les peroxydases dans les cellules, on recommande, généralement, la teinture de gaïac qui, au contact de l'eau oxygénée et des tissus contenant ces diastases oxydantes, donne une coloration bleue. Mais ce réactif est d'un emploi très mal commode, car, d'une part, en raison de l'alcool qu'il contient, il risque d'altérer les cellules vivantes qu'il convient d'examiner, et, d'autre part, pour la même cause, précipite lorsqu'on le met dans le milieu aqueux où baignent les coupes, ce qui donne un liquide louche et gêne singulièrement les observations, qui deviennent ainsi incertaines. Dans le but de faire des recherches sur les peroxydases végétales, j'ai employé le réactif que Madelung a préconisé en 1910 et qui consiste en une solution saturée, légèrement acétique, de benzidine, réactif qui, depuis, a été utilisé par plusieurs savants (Fischel, Kreibich, Fiessinger et Roudowska, Graham, Marinesco, Marcel Prenant) s'occupant plus particulièrement des peroxydases animales. Les coupes végétales, transversales ou horizontales étant immergées dans le réactif en question puis traitées par de l'eau oxygénée très diluée, donnent, suivant les tissus, des teintes bleues parfaitement nettes (bleu de benzidine) qui semblent (1) y indiquer la présence de peroxydases, lesquelles, m'a-t-il paru, sont fixées aussi bien dans le protoplasma que, et surtout, dans certaines membranes cellulosiques (2) qui joueraient ainsi, pour elles, le rôle d'éponges. En appliquant le réactif de Madelung à la recherche des peroxydases dans les semences, j'ai reconnu que ces diastases — en admettant que le réactif employé soit fidèle — y

(1) Cette restriction est nécessaire car on connaît quelques substances — par exemple l'hémoglobine — capables de provoquer la formation du bleu de benzidine au contact de l'eau oxygénée et de la benzidine. Mais je ne sache pas qu'il y ait de l'hémoglobine chez les végétaux.

(2) Il ne semble pas — mais la chose, cependant, n'est pas certaine — que cette coloration tienne à la nature cellulosique des membranes en question, car si certaines se colorent nettement, d'autres, non moins manifestement cellulosiques, ne se colorent pas. On remarque, toutefois, que les membranes cellulosiques qui se colorent le mieux par la benzidine sont celles qui sont relativement jeunes, ce qui peut s'expliquer, comme je le crois, parce qu'elles sont plus imprégnées de peroxydases que les membranes âgées (à moins, bien entendu, qu'elles n'aient alors une composition chimique particulière qui leur permet d'être colorées par la benzidine-eau oxygénée).

sont beaucoup plus fréquentes qu'on ne l'indique généralement et qu'elles s'y rencontrent, non seulement au moment de leur germination, mais encore lorsqu'elles sont sèches, c'est-à-dire pendant le temps de repos qui peut durer de nombreuses années, alors qu'elles sont encore à l'état de vie latente (ou ralentie); si la benzidine est bien un réactif spécifique des peroxydases, celles-ci seraient donc, dans les graines, au même titre que les autres substances de réserve et prêtes à être mobilisées au moment de la germination pour intervenir, peut-être, dans la respiration, qui, à ce moment, doit être particulièrement active.

A titre d'exemple de ce que je viens de dire, je vais indiquer, sommairement, les résultats que l'on obtient en plongeant, successivement, dans la benzidine et l'eau oxygénée, des coupes de quelques semences sèches prises parmi celles dont l'emploi est le plus courant dans les Laboratoires.

Maïs (*Zea Mays*). — Dans les caryopses du Maïs, la mince couche de cellules qui entoure la graine proprement dite et qui est située sous le péricarpe, c'est-à-dire l'*assise protéique*, se colore en bleu extrêmement foncé, ainsi qu'on l'avait déjà noté avec la teinture de gaïac ([1]), de même que tout le scutelle (cotylédon) et l'embryon lui-même ([2]). L'albumen, chez le *Maïs dent-de-cheval* (où il est en grande partie d'aspect farineux) reste incolore ou, par place, prend une vague teinte légèrement bleue, mal définie, tandis que chez le *Maïs sucré* (où il est en grande partie d'aspect corné), il garde nettement sa couleur naturelle.

Blé (*Triticum sativum*). — L'assise protéique, tout l'albumen et l'embryon se colorent fortement et très rapidement (sauf ce dernier, dont la teinte reste, assez longtemps, violacée avant de bleuir). Ce qui frappe le plus c'est l'intensité de la teinte bleue de l'albumen ([3]), qui paraît indiquer qu'il est entièrement imbibé de peroxydases, ce qui explique, peut-être, que le grain germe si rapidement lorsqu'on le met, à l'air, dans les conditions optima de chaleur et d'humidité.

([1]) Cette teinture de gaïac, croyait-on autrefois, indiquait la présence, dans l'assise protéique, de l'*amylase*, et, dans le but de faire apparaître celle-ci, on faisait subir, aux grains de Maïs, un léger début de germination. Dans mes observations, au contraire, les grains étaient absolument secs, c'est-à-dire en pleine vie latente; ces caryopses donnent, d'ailleurs, les mêmes résultats lorsqu'on les a fait, au préalable, subir un début de gonflement par une immersion de 24 heures dans de l'eau (les coupes sont alors bien plus faciles à faire, bien entendu).

([2]) Portés à 100°, les tissus en question ne se colorent plus par la benzidine, ce qui rend très probable qu'il s'agit bien d'une peroxydase.

([3]) Mes observations ont été faites sur le *Blé de Noë*; il serait désirable qu'elles fussent vérifiées sur des races diverses de Blés et d'autres Céréales. A noter que, dans ces expériences, le bleu de benzidine, tant il est abondant, diffuse dans le liquide ambiant,

Lupin blanc (*Lupinus albus*). — Traitées par le réactif de Madelung, les coupes des cotylédons de graines sèches montrent un liséré bleu très net occupant tout l'épiderme (plus intense sur la face supérieure des cotylédons), ainsi qu'un piqueté, également bleu, occupant des points éloignés les uns des autres sur la surface des coupes et représentant les faisceaux libéroligneux, qui, à ce moment, sont encore à l'état parenchymateux.

Haricot (*Phaseolus vulgaris*). — Les coupes des cotylédons sont entourées d'un liséré bleu (épiderme) et montrent un abondant piqueté bleu formé par les faisceaux non encore différenciés. Les graines de Soya (*Soja hispida*) se conduisent à peu près de même.

Fève (*Faba vulgaris*); *Lentille* (*Ervum Lens*). — Toutes les surfaces des coupes faites dans les graines se colorent en bleu.

Févier (*Gleditschia triacanthos*). — L'albumen (qui est cornée) reste absolument incolore, tandis que, dans les cotylédons l'épiderme et les faisceaux (encore parenchymateux) se colorent en bleu avec une parfaite netteté.

Ricin (*Ricinus communis*). — L'albumen ne se colore pas ou ne le fait que bien vaguement. L'épiderme des cotylédons reste incolore, tandis que les faisceaux, encore à l'état parenchymateux (nervures) se teintent en bleu.

Chanvre (*Cannabis sativa*). — Le parenchyme des cotylédons ne se colore pas, mais l'épiderme forme tout autour de lui un liséré d'une grande netteté.

Datte (*Phœnix dactylifera*). — L'albumen reste parfaitement incolore ou ne présente qu'un vague changement de teintes très indécis. L'embryon se colore un peu en bleu.

Pin Pignon (*Pinus Pinea*). — L'endosperme ne se colore pas. L'épiderme et les faisceaux parenchymateux des cotylédons deviennent bleus.

Sarrazin (*Polygoum Fagopyrum*); *Chou* (*Brassica sativa*); *Radis* (*Raphanus sativus*); *Moutarde blanche* (*Sinapis alba*). — Rien ne se colore.

En résumé, on voit que si le réactif benzidine-eau oxygène révèle bien la présence des péroxydases, celles-ci se montrent très abondantes chez la plupart — mais, cependant, pas chez toutes — des graines sèches, c'est-à-dire à l'état de vie latente. Il est très facile de constater leur présence, suivant les cas considérés, dans l'*assise protéique* (chez les Graminées), dans l'*embryon*, dans les *cotylédons* (particulièrement dans leur *épiderme* et les *faisceaux* encore à l'état parenchymateux) ou dans l'*albumen*; elles sont prêtes à entrer en jeu au moment de la germination.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de liber interne chez quelques Rosacées*. Note de Mlle G. **Bonne**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans un travail récent Juel, se basant sur la position de l'ovule, sépare les genres *Sorbaria* et *Chamæbatiaria* de la tribu des *Gilléniées* où

Maximovicz les avait placés, les éloignant lui-même du genre *Spiræa* à cause de leurs carpelles épisépales. Au cours de recherches anatomiques que nous poursuivons sur les pédoncules floraux des Rosacées et sans connaître le travail de Juel, nous sommes arrivée à des conclusions identiques pour des raisons différentes.

Des coupes pratiquées à la base du pédoncule dans *Chamæbatiaria millefolium* nous montrent l'apparition brusque dans la zone périmédullaire d'îlots libériens qui augmentent en nombre et en importance à mesure qu'on s'élève dans le pédoncule. Ils semblent provenir du cloisonnement direct de cellules périmédullaires et s'accroître par des cloisonnements intercalaires. Nous n'avons pu au contraire trouver aucune relation dans l'origine de ces îlots avec l'anneau libéro-ligneux, bien que le premier îlot formé prenne naissance en face d'un intervalle où les formations du bois sont interrompues. Au sommet du pédoncule, lorsque se produit la fragmentation du cercle libéro-ligneux et qu'apparaissent les 10 faisceaux extérieurs destinés comme à l'habitude aux 10 pièces du périanthe, nous voyons qu'il reste 10 faisceaux intermédiaires aux premiers, mais plus petits: ces derniers se rapprochant du centre s'adossent aux îlots libériens médullaires. Il en résulte 10 faisceaux centraux où le bois peu abondant est complètement entouré de liber. Ce sont les faisceaux placentaires destinés uniquement aux bords des carpelles, tandis que les faisceaux médians de ces derniers se détachent notablement plus haut des 5 faisceaux calicinaux. Cette disposition très particulière se retrouve dans *Sorbaria sorbifolia* avec cette différence que les îlots de liber médullaire, au lieu de se différencier sur place, semblent, pour la plupart du moins, provenir de l'anneau libérien normal qui s'invagine dans la moelle en plusieurs points. De plus, certains pédoncules pourvus d'une bractée ne présentent la structure en question qu'au-dessus de celle-ci.

Quelle est la signification de ce liber? Ni la tige, ni l'axe de l'inflorescence, ni, comme nous l'avons vu, la partie infrabractéale du pédoncule chez *Sorbaria sorbifolia* n'en présente aucun indice. L'examen attentif de nombreuses coupes de ces deux plantes nous a révélé la présence de très rares vaisseaux dans quelques-uns de ces îlots anormaux, et ce bois était disposé extérieurement, c'est-à-dire en regard du bois normal. Il nous semble qu'il s'agit en réalité de véritables faisceaux libéro-ligneux à bois très réduit et le fait qu'ils s'unissent plus haut aux faisceaux placentaires, nous permet de les comprendre dans les traces des carpelles.

Ce qui corrobore notre interprétation, c'est que nous retrouvons une

disposition analogue dans une autre plante, l'*Exochorda grandiflora*, que Juel, dans le travail précité, a précisément extrait de la tribu des *Quillajées* pour la rapprocher de celles des *Sorbariées* en raison de la position identique de ses ovules. Ici la nature libéro-ligneuse des traces carpellaires, dès la base du pédoncule (dans sa partie sus-bractéale) ne peut faire aucun doute. Celles-ci proviennent, comme dans *Sorbaria*, d'une invagination dans la moelle du cercle libéro-ligneux, et le bois y prend part comme le liber, en se plaçant à l'extérieur de ce dernier. A la base de la coupe florale lorsque apparaissent les 10 faisceaux extérieurs des pièces du périanthe, une seconde invagination augmente l'importance de ces traces qui prennent alors l'apparence d'un anneau interne continu. Il ne nous pas a été possible de distinguer, au point de vue de leur origine, les traces des faisceaux placentaires de celles des autres nervures (médiane et latérales) des carpelles; mais des coupes longitudinales nous ont appris qu'elles proviennent toutes de cet anneau interne et qu'elles divergent entre elles, à partir d'un point situé à la base même des carpelles.

Nous pensons que ces caratères anatomiques peuvent avoir une certaine importance dans l'étude des affinités encore obscures de ces *Rosacées* entre elles. Nous avons coupé les pédoncules d'espèces appartenant à presque tous les genres de la tribu des *Spireæ* Engler (y compris *Gillenia*) et des *Quillajeæ* Engler et n'avons jamais vu les traces des carpelles y apparaître, sauf dans une Quillajée, le *Kageneckia oblunga* qui se comporte à peu près comme *Exochorda* avec cette différence que, le pédoncule possédant un système libéro-ligneux morcelé en faisceaux, les traces carpellaires apparaissent à la base de ce pédoncule par fragmentation de ces faisceaux. Enfin nous retrouvons dans le pédoncule de *Pirus Malus*, au-dessus des bractées, une structure semblable à celle de *Sorbaria* ou plus exactement d'*Exochorda* en raison de l'abondance des vaisseaux.

Les *Quillajées* ont été considérées par Juel comme le type archaïque d'où proviendraient les autres types de Rosacées à carpelles épisépales, notamment les *Amygdalées* (par *Exochorda*) et les *Pirées* (par *Cydonia*). Or, nous avons pu constater un caractère nouveau et très particulier existant à des degrés divers dans toutes ces plantes, y compris les *Sorbariées* et les *Exochordées*, c'est la concrescence dans les stades jeunes du développement non seulement de la base des carpelles entre eux comme Juel l'a mis en lumière, mais de cette base carpellaire avec la coupe florale elle-même. La croissance de ces organes intéressant plus tard la partie supérieure des loges beaucoup plus que leur fond, explique que ce caractère soit passé inaperçu

jusqu'ici. Mais cela peut nous éclairer sur l'origine des *Rosacées* à ovaire adhérent. A notre avis, c'est le genre *Kageneckia* qui, possédant des ovules horizontaux comme *Cydonia*, présenterait les caractères de passage les plus prononcés vers les *Pirées*, en raison des traces carpellaires visibles dans son pédoncule.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'activation du suc pancréatique par acidification.* Note de M. LISBONNE, présentée par M. Roux.

On sait que le suc pancréatique, inactif vis à vis des substances protéiques, lorsqu'il est recueilli pur et aseptique par cathétérisme du canal de Wirsung (Delezenne et Frouin), n'acquiert la propriété de les digérer que par adjonction soit d'un enzymoïde, l'entérokinase [1], soit de sels de calcium (Delezenne).

Jusqu'à maintenant on ne tenait pour certains que ces deux modes d'activation.

A la suite de travaux sur la coagulation du sang et de certains transsudats, j'ai été amené à rechercher si l'acidification du suc pancréatique ne serait pas capable de déterminer aussi son activation. L'expérience a confirmé l'exactitude de cette idée directrice.

Si, à du suc pancréatique de chien, rigoureusement inactif, on ajoute une dose convenable d'acide, ce suc, après un séjour de plusieurs heures à l'étuve, a acquis un pouvoir digestif des plus marqués vis à vis de la gélatine, de la sérumalbumine, de l'ovalbumine coagulée.

La trypsine, ne pouvant exercer son action dans le milieu acide où elle a pris naissance, il est nécessaire, pour l'y mettre en évidence, de neutraliser le milieu, l'activation une fois produite, et d'ajouter alors à la diastase la substance à digérer.

Pour donner une idée d'activation auquel on peut arriver, dans ces conditions, indiquons que $0^{cm^3},1$ de suc ajouté à 4^{cm^3} de solution de gélatine à 5 pour 100, empêche après *une minute* de contact à 37° la gélification de cette dernière par refroidissement à 5°.

---

[1] A l'entérokinase, mise en évidence primitivement par Pavlov dans le suc intestinal, peuvent être substituées, comme l'a montré Delezenne, des kinases d'autres origines (*k.* microbienne, *k.* leucocytaire, *k.* des venins, etc.), qui s'en rapprochent par leurs propriétés et leur mode d'action.

Un cube d'ovalbumine coagulée de 7^mm^ environ de côté, immergé dans 2^{cm^3} de suc activé puis neutralisé, y est digéré en 36-48 heures [1].

La quantité d'acide nécessaire à l'activation varie naturellement avec l'acide utilisé. Avec des solutions normales d'acides forts ($HCl . NO^3H$) la dose activante est comprise dans des limites très étroites. Il suffit de la faire varier de $0^{cm^3},01$ en plus ou en moins, pour que le phénomène ne se produise pas. Les acides plus faibles (acides acétique, citrique, tartrique) permettent d'activer le suc presque à coup sûr, leur doses efficaces étant comprises dans des limites plus étendues [2].

Quand on ajoute à du suc pancréatique, riche en carbonates alcalins, une liqueur acide normale, il est évident que la plus grande partie de cet acide est employée à neutraliser l'alcalinité du suc et que c'est seulement la fraction inutilisée qui établit l'acidité nécessaire à l'activation. En privant, au préalable, le suc de CO^3Na^2, par dialyse aseptique contre de l'eau salée, les quantités activantes d'acide deviennent très faibles :

Il est nécessaire d'opérer avec des solutions $\frac{N}{50}$ ou $\frac{N}{100}$.

L'activation se produit dans une zone d'acidité comprise entre $P_H = 4,5$ et $P_H = 5,5$.

L'activation s'accomplit avec un temps perdu considérable. Ce n'est qu'après un séjour de 10 heures, à 45°, qu'un suc acidifié est doué d'un pouvoir protéolytique net. Cependant, en pratiquant des prises d'essai, d'heure en heure, dans un suc à partir du moment où l'on vient de l'acidifier et en les faisant agir sur une solution de gélatine, à 37°, il est possible d'établir que l'activation débute plus tôt, vers la septième heure environ. Il existe à ce moment, dans le milieu, des traces de trypsine, décelables seulement par le retard que la gélatine éprouve à se gélifier à froid. Pendant les 2 heures qui suivent, le taux de la trypsine formée est encore

---

(1) La digestion du cube d'albumine s'opère plus lentement dans le suc activé par l'acide que dans le suc activé par la kinase ou les sels de Ca. Il est probable que la concentration en électrolytes formés par l'adjonction d'acide au suc très alcalin paralyse l'action de la diastase. Le pouvoir digestif vis à vis de la gélatine paraît être à peu près identique dans les trois cas.

(2) Les limites sont d'autant plus étroites que les essais en série ne peuvent se faire que sur de petites quantités de suc pancréatique (1 à 2^{cm^3}). Si l'on opère avec 2^{cm^3} de suc, il faut en général $0^{cm^3},3$ à $0^{cm^3},4$ d'une solution normale d'acide oxalique, de $0^{cm^3},6$ à 1^{cm^3} d'acide citrique ou acétique normal. Avec HCl demi-normal dans plusieurs expériences, la dose activante a été $0^{cm^3},28$ et des essais faits avec $0^{cm^3},29$ et $0^{cm^3},27$ sont demeurés inactifs.

faible, puis il augmente rapidement et atteint sa valeur maximum vers la onzième ou la douzième heure.

L'activation se fait plus lentement à des températures moins élevées (24 heures à 37°, près de 2 jours à 18 — 20°, après plusieurs jours aux environs de 0°) [1].

Si l'on a préparé au même moment une série de tubes contenant du suc acidifié à 45°, et qu'on les neutralise successivement de demi-heure en demi-heure, on constate que les sucs neutralisés avant la septième heure ne s'activent pas dans la suite, malgré un séjour prolongé au thermostat.

Par quel mécanisme l'acidification du suc pancréatique entraîne-t-elle la transformation du trypsinogène en trypsine?

L'hypothèse qui s'offre immédiatement à l'esprit est que l'activation par l'acide est une modalité de l'activation calcique. Le suc pancréatique contient normalement de la chaux engagée sans doute en grande partie sous une forme organique inefficace. L'acide la solubiliserait et l'ion Ca, devenu libre, exercerait dès lors son action activante. Cette explication, acceptable pour l'activation par HCl. NO^3H, se heurte à une difficulté du fait, que parmi les acides organiques doués de la propriété activante la plus manifeste figurent au premier rang — coïncidence singulière —, ceux qui insolubilisent la chaux (acide oxalique, acide tartrique) ou « immobilisent » l'ion Ca (acide citrique). Mais ce n'est là qu'un argument secondaire, et la preuve que la chaux ne joue aucun rôle dans le mode d'activation que nous venons de préciser, ne pourra être donnée qu'en s'adressant à des sucs soumis, au préalable, à la dialyse au point isoélectrique de leurs divers constituants protéiques et pratiquement dépourvus de Ca.

D'autres hypothèses peuvent d'ailleurs être envisagées et il est permis de penser que c'est en agissant *directement* sur le trypsinogène que l'acide en libère la trypsine active.

---

(1) Ce mode d'activation, par son temps perdu, se distingue, en apparence, de l'activation kinasique qui se fait en quelques minutes, et de l'activation calcique qui se produit brusquement après un temps perdu de 4 à 5 heures, ainsi que l'a montré Delezenne.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *L'effet photo-électrique produit par les rayons ultraviolets chez l'homme*. Note de M. **Jean Saidman**, présentée par M. M. de Broglie.

Les phénomènes photo-électriques, provoqués par les rayons lumineux et en particulier par les rayons ultraviolets, ont été l'objet de nombreuses études de la part des physiciens. Ils n'ont, par contre, provoqué que relativement peu de recherches dans le domaine des sciences biologiques. Bichat, d'après ses expériences, signalait, en 1889, qu'en exposant des plantes aux rayons ultraviolets, on observe une électrisation négative, sauf pour le géranium qui devenait positif.

Il est cependant probable que l'action de la lumière sur la substance vivante, comme sur la matière inerte, a pour point de départ l'effet photo-électrique, c'est-à-dire l'expulsion de certains électrons au dehors des atomes ou des molécules.

Il est hors de doute que la déperdition électrique sous l'action de la lumière s'observe avec des matières animales; des expériences préliminaires faites avec le concours de M. André Broca nous ont montré l'action très nette et rapide des lampes à vapeur de mercure. L'effet observé avec des lambeaux de peau humaine provenant d'extirpation chirurgicale a fait ressortir une déperdition s'élevant au tiers de celle du cuivre dans les mêmes conditions. Un homme placé sur un tabouret isolant et porté à un potentiel négatif perd des charges négatives quand il est irradié par un faisceau de rayons ultraviolets.

Pour donner une idée de l'ordre de grandeur du phénomène, supposons que l'on communique à un homme une charge négative de 100 unités arbitraires. Le sujet met 4 minutes et 10 secondes pour perdre 75 unités, dans des conditions déterminées par l'éclairement de la pièce (noter, à titre de comparaison, que l'électroscope seul met 51 minutes pour se décharger). On irradie l'homme avec un faisceau provenant d'une lampe à vapeur de mercure en quartz (220 volts, 3,5 ampères) à une distance de 50^{cm}. La surface exposée étant de 200^{cm^2}, la déperdition des 75 unités se fait en 1 minute 4 secondes. Avec une surface d'exposition triple, la même déperdition nécessite 59 secondes. Si l'on cesse l'irradiation ultraviolette, on remarque que la décharge continue à se produire pendant les secondes suivantes.

Des séries d'expériences analogues montrent :

1° Qu'il existe, à l'état normal, chez l'homme, une déperdition d'électricité négative, à la lumière du jour.

2° Si l'on éclaire le sujet avec une lampe demi-watt 2000 bougies à lumière blanche, la déperdition n'augmente pas sensiblement.

3° Si l'on soumet le sujet à l'action des rayons ultraviolets, il se produit une décharge rapide. Il existe donc chez l'homme un véritable effet photo-électrique. C'est un phénomène complexe, que nous signalons dans cette Note.

La majeure partie de la déperdition semble, du reste, due à l'ionisation des poussières de l'air qui sont au contact du malade.

Ses principaux facteurs (longueurs d'onde efficaces; rôle de la surface et de la partie du corps irradiée, variations selon les individus, modifications à l'état pathologique ou au cours d'un traitement, rôle de la respiration de l'air ionisé) seront l'objet d'une étude ultérieure. C'est un chapitre de radiophysiologie sur lequel nous nous proposons de revenir.

On peut cependant noter l'intérêt que présente l'étude de ce phénomène en actinothérapie.

L'action thérapeutique indéniable des rayons ultraviolets, celle par exemple des radiations de longueur d'onde un peu inférieure à 3000 unités Å, n'a pas reçu, jusqu'à présent, d'explication bien claire. Ces rayons sont très absorbables; leur énergie est déjà réduite à un dix-millième de sa valeur initiale pour une profondeur d'un dixième de millimètre et la couche vasculaire du derme étant plus profonde, on ne voit pas comment les rayons peuvent agir sur la composition du sang (hypocalcémie, hypophosphatémie, action sur l'hémoglobine, etc.).

C'est probablement dans les phénomènes photo-électriques de la couche tout à fait extérieure qu'il faut chercher l'origine d'une action qui se transmettra ensuite de proche en proche vers les couches internes.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action biologique sur l'œuf d'* Ascaris *de rayons X monochromatiques de différentes longueurs d'onde.* Note de M. **A. Dognon**, présentée par M. J. Perrin.

Les recherches effectuées en vue de déterminer l'action biologique des rayons X de différente fréquence (Holtusen, Krönig et Friedrich, S. Russ) ont généralement conduit à des résultats contradictoires, d'une part à cause des bases physiques insuffisantes des mesures et de l'emploi de rayons hété-

rogènes, d'autre part à cause du matériel biologique peu favorable sur lequel elles ont porté.

Nous avons comparé l'action, sur le développement de l'œuf d'*Ascaris megalocephala*, des radiations X suivantes, à énergie absorbée égale : 1° $\lambda = 0,22\text{-}23$ U. A., obtenue par excitation d'une anticathode de tungstène sous 80 kilovolts max. et filtration par $0^{mm},5$ de laiton $+ 0^{mm},3$ de Al; 2° $\lambda = 0,71$ U. A. (anticathode de Mo, 30-35 kilovolts max.); 3° $\lambda = 1,54$ U. A. (anticathode de Cu, 30-35 kilovolts max. filtre de Ni).

L'intensité incidente a été mesurée à l'aide d'une chambre d'ionisation présentant les caractéristiques suivantes : hauteur, 30^{cm}; diamètre, 5^{cm}; distance des électrodes, 4^{cm}. Le faisceau est délimité par une ouverture de 3^{mm} de diamètre, obturée par une très mince feuille de cellophane. Le gaz employé est l'air. Nous avons d'abord déterminé dans chaque cas, à l'aide d'un étalonnage préalable avec SO^2 ou CH^3Br, le coefficient d'absorption de l'air comptant pour l'ionisation, somme du coefficient d'absorption sélective $\frac{\tau}{\rho}$ et d'un terme traduisant principalement la récupération d'une fraction du rayonnement dispersé. Pour la *mesure de l'intensité absorbée*, nous avons admis que l'absorption de l'eau pouvait représenter celle du matériel biologique; l'erreur, faible d'une façon absolue, est négligeable d'une façon relative. Les préparations étant de dimensions extrêmement faibles, nous devons considérer seulement le coefficient d'absorption sélective. Le tableau suivant donne les valeurs trouvées dans chaque cas :

λ U.A.	Air (¹).	Eau (²).
0,22	0,064	0,05
0,71	0,90	1,08
1,54	8,6	10,3

Le matériel biologique employé a été l'œuf d'*Ascaris mégalocephala* sur le développement duquel il est facile d'observer des lésions. Les œufs fécondés, provenant d'une même femelle, sont, après mélange homogène, étalés sur une lamelle de verre ou de mica très mince, en préparations de $0^{cm},5$ de diamètre et de 70^{μ} environ d'épaisseur, puis, après irradiation, mis à l'étuve à 35^{d} en milieu humide. La proportion des embryons présentant des

(¹) Coefficient massique d'absorption comptant pour l'ionisation.
(²) Coefficient massique d'absorption sélective.

lésions visibles est un test très fidèle et très précis qui permet d'apprécier des différences d'intensités inférieures à 5 pour 100.

Les œufs, de même origine, sont divisés en six lots : quatre sont irradiés par $\lambda = 0,71$ U. A. à des distances différentes, pour établir la loi d'action du rayonnement. Un autre est soumis à l'une des autres radiations. Le dernier sert de témoin. Toute variation de température est exclue par une circulation d'eau. L'ionomètre fonctionne en quantitomètre sur le faisceau même qui traverse les préparations. (Il est tenu compte de l'absorption des lamelles et de l'air.) Les irradiations sont successives. Leur inversion ne change pas les résultats, le développement de l'œuf étant très lent à la température des expériences.

Résultats. — *A énergie absorbée égale, la proportion d'embryons lésés est toujours plus considérable avec les λ extrêmes qu'avec la longueur d'onde moyenne*, quelle que soit la valeur absolue de l'intensité.

Le tableau et la courbe ci-dessous expriment ce résultat :

$\lambda_{\text{U.A.}}$	Quantité absorbée (¹).
0,22	0,4 à 0,5
0,71	1
1,54	0,6 à 0,8

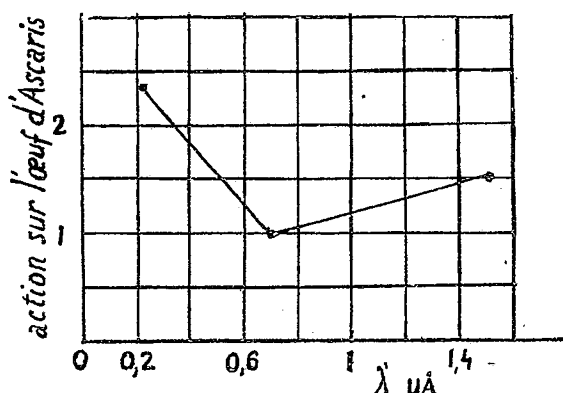


Fig. 1.

D'après nos graphiques, l'action biologique passe donc par un minimum entre $\lambda = 1,54$ *et* $\lambda = 0,22$ U. A. La divergence existant entre ce résultat et

(¹) Quantité absorbée nécessaire pour produire la même proportion d'embryons lésés.

les résultats des auteurs antérieurs pourrait s'expliquer, en outre de la différence des méthodes, soit par l'existence d'un autre minimum encore hypo-

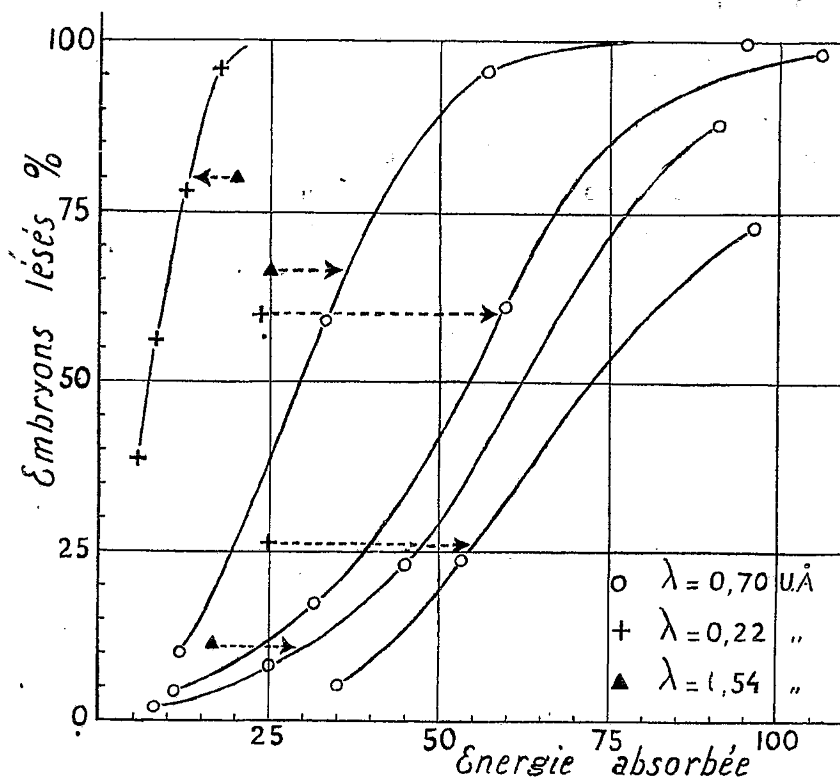


Fig. 2.

thétique dans une région de plus courte longueur d'onde, soit par la différence d'action possible entre une radiation complexe et une radiation homogène.

PROTISTOLOGIE. — *Kystes de* Prowazekella *et* Blastocystis. Note de M. **Pierre P. Grassé**, présentée par M. Henneguy.

Sous le nom de *Blastocystis* (Alexeieff, 1911) on désigne des corps sphériques (5 à 100$^{\mu}$) que l'on rencontre très fréquemment dans le tube digestif de beaucoup d'animaux (Vertébrés ou Invertébrés). Ils ont donné lieu à un nombre considérable de travaux dont les conclusions sont presque toujours contradictoires. Les protistologues qui les ont étudiés se rangent en deux camps; ceux qui les interprètent comme des kystes de Flagellés (Schaudinn, Prowazek, Swellengrebel, Chatton, etc.) et ceux qui les considèrent comme

des stades d'un être autonome à affinités végétales (Alexeieff, Wenyon, Kofoïd, Barret, Dobell, etc.).

Chatton (1917) dans un travail fort documenté décrit le cycle du *Blastocystis* du Gecko (*Tarentola mauritanica*) et déclare que ce Protiste donne des Flagellés du type *Prowazekella* (= *Heteromita* = *Bodo*) pour lesquels il crée le genre *Schizobodo*.

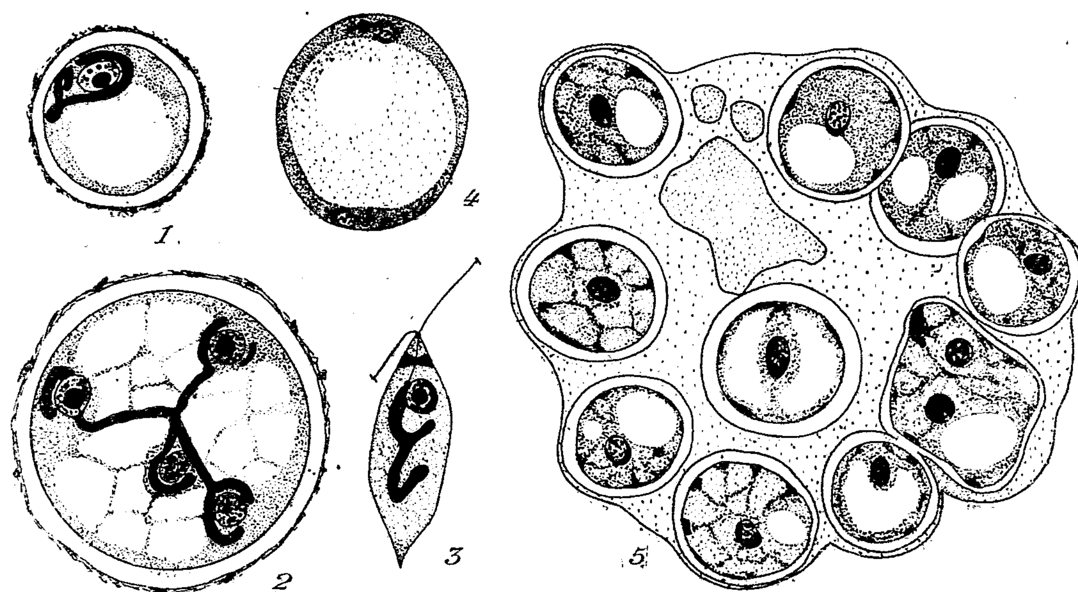
Dans le rectum du Gecko vivent, le plus souvent côte à côte, des *Eutrichomastix*, des *Prowazekella*, des *Entamœba lacertæ* (Hart.), des *Blastocystis* et des *Basidiobolus lacertæ* (Eidam) à divers stades. Tout d'abord, j'ai acquis la conviction de l'indépendance totale des *Blastocystis* vis-à-vis de l'*Eutrichomastix*, de l'*Entamœba* et du *Basidiobolus* pour lequel je confirme les observations de Lœwenthal. Il me restait donc à établir les rapports des « microsphères » avec les *Prowazekella*. Ces Flagellés, dans des conditions que nous analyserons dans un travail d'ensemble, donnent des formations d'allure kystique. Sur le vivant, elles présentent à la périphérie un plasma légèrement verdâtre et dense qui envoie des travées anastomosées dans la partie centrale vacuolaire et hyaline. Les noyaux, bien visibles, dont le nombre varie de un à une cinquantaine, paraissent reliés les uns aux autres par un ruban réfringent. Autour de ces kystes, une couche muqueuse forme un halo transparent.

Ces formations ne sont pas à proprement parler des kystes mais représentent, comme l'a fait remarquer Chatton, un stade de multiplication intense. En effet sous cet état le Protozoaire grossit et atteint dans quelques cas 100^{μ} de diamètre; il se découpe, fréquemment, par fissuration en deux ou trois fragments. Ses noyaux se divisent avec activité. Il demeure ainsi pendant longtemps mais des modifications du milieu extérieur, en particulier l'action de certaines solutions salines, provoquent en lui la formation de Flagellés à deux fouets.

Dans ces kystes de multiplication fixés et colorés on retrouve des organites propres aux *Prowazekella*. Ainsi, le ruban réfringent, aperçu sur le vivant, correspond à l'appareil parabasal (*fig.* 1 et 2); les noyaux ne sont pas modifiés, ils contiennent de la caryolymphe pauvre en chromatine et un caryosome volumineux. Les Flagellés issus de ces kystes portent les attributs des *Prowazekella*; leur appareil parabasal très développé (*fig.* 3) est d'une fixation délicate. Ici, je me bornerai à ces quelques indications, mon but n'étant pas d'exposer le détail du cycle.

De toute cette évolution, aucun stade ne peut être rapporté à un *Blastocystis*. Les différences morphologiques entre les kystes de multiplica-

tion et les microsphères sont profondes. Le *Blastocystis* du Gecko a les caractères du *B. enterocola* (Alex.) des Batraciens et je n'hésite pas à le faire entrer dans cette espèce. Il mesure de 5 à 15$^{\mu}$ de diamètre; à sa périphérie une pellicule de cytoplasme hyalin contient le ou les noyaux et des enclaves chromatiques (mitochondries d'Alexeieff). Sa partie centrale, la plus grande, est constituée par une masse arrondie et verdâtre (*fig* 4). Entre *Blastocystis*



et *Prowazekella* aucun parallélisme dans les structures; les noyaux du premier possèdent une calotte chromatique et des granules uniformément répartis dans le suc nucléaire; ils sont nettement plus petits que ceux des kystes de multiplication. Les figures 1 et 2 du Mémoire de Chatton représentent des *Blastocystis*, mais parmi les individus de la figure 2 il y a, à coup sûr, un kyste de *Prowazekella* dont l'appareil parabasal n'a pas été conservé par la fixation. Les *Blastocystis* se coupent par étranglement et non par fissuration. Mis en culture, ils ne m'ont jamais donné de Flagellés. Poussant plus loin mon investigation, j'ai pu suivre leur évolution chez le Triton palmé et le Crapaud en partant de stades identiques à ceux qui abondent dans le Gecko. J'établis un cycle très analogue à celui que décrit Alexeieff (1911-1917) et qu'accepte Dobell (1921). Deux phases distinctes se succèdent : l'une végétative avec division binaire ou bourgeonnement, l'autre probablement sexuée et précédée d'une copulation que je n'ai pu

observer sur le vivant. Au cours de cette dernière phase le *Blastocystis* qui a considérablement grossi engendre des spores à parois épaisses (*fig.* 5).

Actuellement la question des *Blastocystis* me paraît tranchée, au moins en partie. Il s'agit d'un Protiste autonome, sans rapports avec les Flagellés parasites et à mode de reproduction spéciale. Il est difficile de préciser sa nature, provisoirement on peut entrer dans les vues d'Alexeieff qui le range parmi les Blastomycètes.

Quant aux kystes de multiplication trouvés dans le rectum du Gecko, ils représentent des stades évolutifs d'un Flagellé du genre *Prowazekella*. Jusqu'à nouvel ordre nous le considérerons comme une espèce particulière que nous nommerons *Prowazekella tarentolæ* (Chatton); le terme *Schizobodo* tombe en synonymie avec *Prowazekella*. J'ajouterai que j'ai pu suivre le cycle de *P. longifilum* (Lemm.) de la Salamandre, il offre les mêmes stades que celui de *P. tarentolæ*.

PARASITOLOGIE. — *Essai de classification des coccidies disporocystées tétrazoïques*. Note de MM. A. **Henry** et Ch. **Leblois**, présentée par M. E. Leclainche.

La littérature zoologique et médicale s'est enrichie dans ces dernières années d'un certain nombre d'intéressants travaux ayant trait à des coccidies de l'homme et des carnivores et qui sont classées, à tort selon nous, dans le genre *Isospora*.

Ce genre avait été établi par A. Schneider ([1]), en 1881, pour un sporozoaire trouvé chez une petite limace indéterminée, et dont l'étude, très imparfaite, n'a jamais pu être reprise.

La description, très sommaire, dit, au sujet des sporozoïtes : « corpuscules des spores en nombre indéfini », et encore : « corpuscules falciformes assez nombreux ». Malgré ces indications, l'Isospore de Schneider devint une coccidie disporocystée tétrazoïque à la suite de la paraphrase de Laveran ([2]) qui, interprétant les figures de l'auteur, estima que les spores contenaient quatre sporozoïtes; à tort ou à raison, son opinion a généralement prévalu.

En tenant pour exacte cette manière de voir, il n'en reste pas moins que

([1]) *Arch. Zool. expérim.*, 9, 1881, p. 401.
([2]) *Comptes rendus Soc. Biol.*, 50, 1898, p. 1139.

le fait de comporter deux fois quatre sporozoïtes, constitue aujourd'hui un caractère si banal qu'il devient impossible de lui conserver une valeur générique; le nombre et la diversité des espèces qu'on est obligé de ranger sous son chef se sont tellement accrus que le groupement ainsi constitué acquiert raisonnablement la valeur d'une famille — *Diplosporidæ n. f.* — dans laquelle il est devenu nécessaire d'établir de nouvelles coupures.

Dès 1902, Ed. Sergent [1] avait pressenti la nécessité de ce démembrement. Il partage les espèces d'isospores connues à cette époque en deux catégories : une première à sporocystes piriformes avec *I. rara*, *I. Lacazei*, *I. Camillerii*, *I. Mesnili*, et une seconde à sporocystes ovoïdes comprenant *I. Laverani*, *I. Lieberkuhni*.

Le caractère sur lequel s'appuie cette subdivision nous semble devoir être retenu ; à défaut d'autres mérites, il a au moins celui, déjà très grand, d'être pratique. Cette séparation établie, il apparaît que les coccidies ditétrazoïques qui intéressent actuellement médecins et vétérinaires et dont aucune ne possède de spores en poire, ne sauraient être rangées que dans le 2ᵉ groupe; nous proposons de les englober avec *I. Laverani* dans le genre nouveau *Lucetina* [2]. A côté de ce genre viendrait se placer *Hyaloklossia* Labbé, 1896 (Laveran et Mesnil, 1902, *emend.*), dont le type est *H. Lieberkuhni*.

La famille des *Diplosporidæ* comprendrait ainsi :

I. Coccidies à 2 sporocystes inéquipolaires (piriformes) :

G. *Isospora* Schneider, 1881, 4 (?) sporozoïtes dans le même sens;

G. *Diplospora* Labbé, 1893, 4 sporozoïtes deux par deux, tête-bêche.

II. Coccidies à 2 sporocystes équipolaires (sphériques ou ellipsoïdes):

G. *Lucetina* n. g., 4 sporozoïtes dans le même sens;

G. *Hyaloklossia* Labbé, 1896, 4 sporozoïtes croisés deux par deux.

DIAGNOSES. — *Diplosporidæ* n. f. — Coccidies à deux sporocystes tétrazoïques. Type: Genre *Diplospora* A. Labbé, 1893.

Lucetina n. g. — Coccidies diplosporidées à sporocystes sphériques ou ellipsoïdes, contenant à maturité un reliquat et 4 sporozoïdes indépendants, placés parallèlement et ordinairement orientés dans le même sens. Habitat : tissu épithélial ou subépithélial de l'intestin; carnivores, homme, reptiles. Type : *Lucetina Rivoltai* Grassi, 1882 ; *Coccidium Rivolta* Grassi, 1882; *non Coccidium Rivoltæ* Harz, 1887.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 54, 1902, p. 1260.

(2) Dédié à la mémoire du vétérinaire Adrien Lucet, en raison de ses nombreux travaux sur les coccidies.

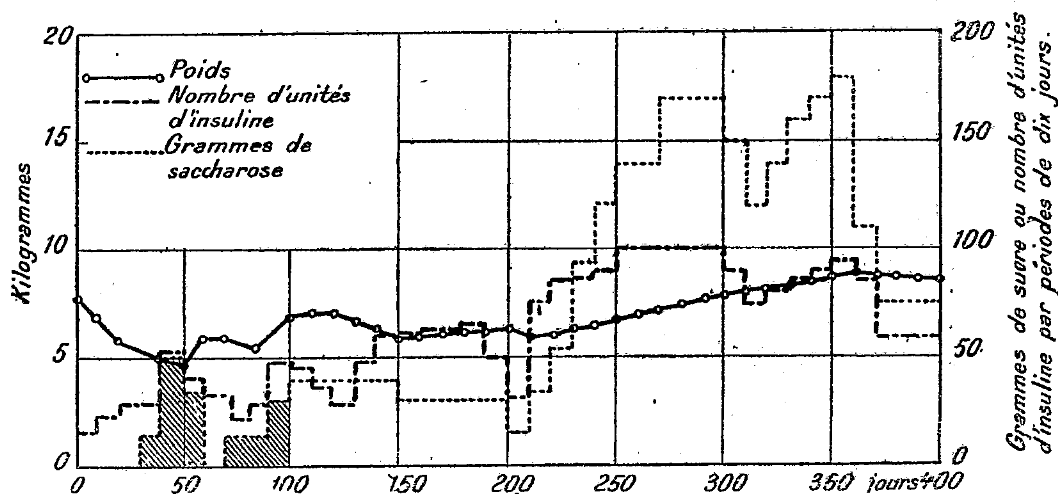
PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Traitement insulinien prolongé et survie du chien dépancréaté.* Note de MM. **H. Penau** et **H. Simonnet**, présentée par M. E. Leclainche.

Il nous a paru intéressant, à la suite de la Communication de M. Hédon (¹) relative au traitement par l'insuline du chien dépancréaté, de donner quelques indications complémentaires à notre Note du 23 juin 1924 (²).

Rappelons qu'il s'agit d'une chienne ayant subi le 24 janvier 1924 l'ablation *totale* du pancréas en un *seul temps*. La survie, depuis le moment où l'ablation totale a été pratiquée, dépasse donc treize mois.

Nous nous sommes efforcés de maintenir ce sujet en état d'équilibre pondéral afin de nous assurer de l'innocuité de l'administration répétée d'insuline et de la constance de ses effets.

Le graphique suivant résume l'histoire de notre sujet.



1. On voit que l'amélioration signalée dans notre précédente Note dans l'état de santé de l'animal, par l'administration de saccharose, a pu être maintenue et accentuée.

On a même pu augmenter, dans une très forte proportion, la quantité

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 545.

(²) H. Penau et H. Simonnet, *Diabète pancréatique expérimental et insuline* (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2208).

d'hydrates de carbone ingérés (jusqu'à 180^g par jour) sans accroître cependant notablement la quantité d'insuline (10 unités physiologiques par jour) et faire ainsi gagner à l'animal plus de 1^{kg} sur son poids initial.

A cet effet, l'administration des repas et de l'insuline a été fractionnée de la façon suivante :

L'animal reçoit, toutes les 2 heures, un repas composé de viande de bœuf cuite 20^g; lait 50$^{cm^3}$; pain 20^g; sucre, quantité variable de 0 à 30^g. Le dernier repas du soir comprend en outre 200^g de viande pour la nuit. Avant chaque repas, on administre le $\frac{1}{6}$ de la dose d'insuline à injecter par jour.

Dans ces conditions, il est possible de maintenir la glycémie à un taux assez faible, mais qui reste toujours entre 1 et 2^g pendant une bonne partie de la journée.

Exemples : 284e *jour d'expérience.* — Poids 7^{kg},500, 30^g de saccharose par repas; insuline : 10 unités, en six fois; glycémie toutes les deux heures : 3^g,180; 1^g,980; 1^g,165; 1^g,370; 1^g,325; 1^g,250 pour 1000. Abaissement maximum pour 100 : 63,3.

305e *jour d'expérience.* — Poids 8^{kg}, 30^g de saccharose par repas; insuline : 10 unités; glycémie toutes les deux heures : 6^g,140; 3^g,420; 2^g,225; 2^g,450; 2^g,270; 1^g,690. Abaissement maximum pour 100 : 63,4.

306e *jour d'expérience.* — Mêmes conditions; glycémie : 5^g,140; 2^g,570; 1^g,800; 1^g,700; 1^g,460; 2^g,050. Abaissement maximum pour 100 : 71,6.

326e *jour d'expérience.* — Mêmes conditions; glycémie : 3^g,880; 1^g,490; 1^g,685; 1^g,155; 0^g,930; 1^g,130. Abaissement maximum pour 100 : 76,0.

346e *jour d'expérience.* — Poids 8^{kg},400, mêmes conditions; glycémie : 3^g,370; 2^g,840; 2^g,335; 1^g,940; 1^g,475; 1^g,465. Abaissement maximum pour 100 : 51,7.

376e *jour d'expérience.* — Poids 8^{kg},600, 10^g de sucre par repas; insuline : 6 unités; glycémie : 3^g,600; 3^g,200; 1^g,860; 1^g,820; 1^g,940; 1^g,990. Abaissement maximum pour 100 : 49,5.

398e *jour d'expérience.* — Poids 8^{kg},500, 10^g de sucre par repas; insuline : 6 unités; glycémie : 3^g,240; 2^g,150; 1^g,880; 1^g,860; 2^g,080; 1^g,860. Abaissement maximum pour 100 : 42,6.

Il est remarquable que le taux élevé de la glycémie ne s'est montré nullement préjudiciable pour la santé de l'animal et que celui-ci n'a paru souffrir en aucune façon de l'énorme quantité d'hydrates de carbone qu'il a ingérés.

2. Il ne semble pas y avoir eu accoutumance à l'insuline.

3. Il ne s'est manifesté en tout cas aucune sensibilisation à l'action hypoglycémiante, ni aucune sensibilisation anaphylactique.

4. Il a été possible de pratiquer sur cet animal une intervention chirurgicale. A la suite de la rupture de quelques points de suture du plan musculaire, une petite éventration s'était produite, qui avait peu à peu gagné

en grosseur et qui nécessitait le port d'un bandage. La réduction de cette hernie a pu être pratiquée au 318[e] jour d'expérience, sous anesthésie à la *morphine-chloroforme*; la cicatrisation de la plaie a été obtenue par première intention.

5. Remarquons que durant toute l'année qu'a duré l'expérience, cette chienne n'a jamais manifesté de chaleurs.

6. L'administration d'insuline (employée à la dose moyenne de 1 unité par kilogramme), associée aux hydrates de carbone, permet de maintenir l'animal en parfait état physiologique, les conditions ainsi réalisées se rapprochant des conditions d'alimentation normale.

7. Notre observation confirme l'opinion de Hédon : que l'administration prolongée d'insuline et à des doses élevées n'a pas, pour une période d'une année au moins, d'effets nocifs.

A 16ʰ20ᵐ, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17ʰ.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 10 novembre 1924.)

Note de M. *René Souèges*, Embryogénie des Euphorbiacées :

Page 989 à 991, au lieu de *Euphorbia Esula* L., lire *Euphorbia exigua* L.

(Séance du 16 février 1925.)

Note de M. *Raoul M. May*, Rapport des nerfs avec la dégénérescence et la régénération des papilles gustatives :

Page 547, ligne 2 du titre, *au lieu de* M. Raoul-M. May, *lire* M. Raoul M. May.
Page 548, ligne 32, *au lieu de* Sello, *lire* Tello.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 MARS 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **Wheeler**, de l'Université Harvard, qui assiste à la séance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Globules sanguins et réserve alcaline.* Note [1] de MM. **A. Desgrez, H. Bierry** et **L. Lescœur.**

A côté d'un peu d'acide carbonique dissous, le sang renferme une quantité considérable de ce corps engagé dans des combinaisons multiples (globulines, hémoglobine, métaux). Des expériences anciennes, dues surtout à Pflüger et à ses élèves, ont établi qu'au cours de l'extraction des gaz, par le vide et par la chaleur, le sang total et le sérum se comportent bien différemment. Ces faits ont amené divers auteurs à soupçonner une fonction acide soit à l'hémoglobine (Pflüger et Zuntz; Léon Fredéricq, etc.), soit à certaines substances du stroma globulaire (Arthus).

On extrait généralement les gaz du sang par l'action combinée du vide et de la chaleur, au moyen de la pompe à mercure. Dans un premier temps, le vide dégage facilement la partie libre ou faiblement combinée de l'acide carbonique; pour une extraction de la presque totalité de ce corps, le vide, à 100°, est nécessaire. Comme les carbonates neutres sont stables dans le vide à 100°, il faut, de plus, si l'extraction totale doit porter sur le sérum sanguin, recourir à l'action d'un acide.

Au lieu de nous servir de l'extraction par le vide au moyen de la pompe à mercure, nous avons utilisé l'entraînement de CO^2 par un courant d'air, à la température du laboratoire.

L'appareil employé est celui que l'un de nous [2] a fait connaître et qui

---

[1] Séance du 23 février 1925.

[2] L. Lescœur, *Absorption des gaz en circuit fermé: présentation d'un appareil* (*C. R. des séances de la Soc. de Biol.*, 86, 1924, p. 912).

permet de réaliser une circulation d'air, à une vitesse sensiblement constante, dans une enceinte entièrement fermée. Il se compose des trois organes suivants communiquant entre eux : un appareil propulseur du gaz, véritable cœur artificiel; un flacon-laboratoire, où l'on place le produit à analyser; enfin, un flacon absorbeur de CO^2, dans lequel on introduit une solution de baryte étendue dont on évalue le titre au moyen de $HCl\,\frac{N}{50}$, en présence de phénol-phtaléine, à froid. Toutes les 15 minutes, sans arrêter la marche de l'appareil, on substitue un nouveau flacon absorbeur au précédent, et, sur celui-ci, on mesure l'abaissement du titre par $HCl\,\frac{N}{50}$. L'opération est répétée jusqu'à épuisement. Alors seulement on ajoute un excès d'acide fixe qui provoque le dégagement de l'acide carbonique qui n'était pas dissociable par un simple courant d'air.

En portant les temps en abscisse et, en ordonnée, CO^2 fixé dans l'eau de baryte, évalué en centimètres cubes $\frac{N}{50}$, nous avons obtenu, pour une prise d'essai de 10^{cm^3} de liquide, les graphiques suivants :

Expérience I. — Sur 10^{cm^3} de sérum du chien A, après coagulation à la glacière; quantités de CO^2 évaluées en centimètres cubes, dégagées de quart d'heure en quart d'heure :

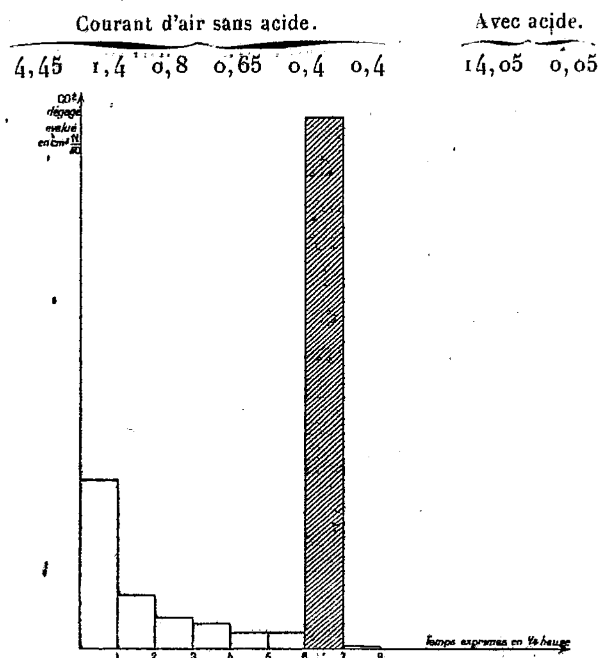


Fig. 1. — Sérum de chien.

Expérience II. — Sur 10^{cm^3} de plasma fluoré du chien B; quantités de CO^2 évaluées en centimètres cubes, dégagées de quart d'heure en quart d'heure :

Courant d'air sans acide.						Avec acide.	
4,7	1,7	1,05	0,86	0,81	0,80	9,69	0,19

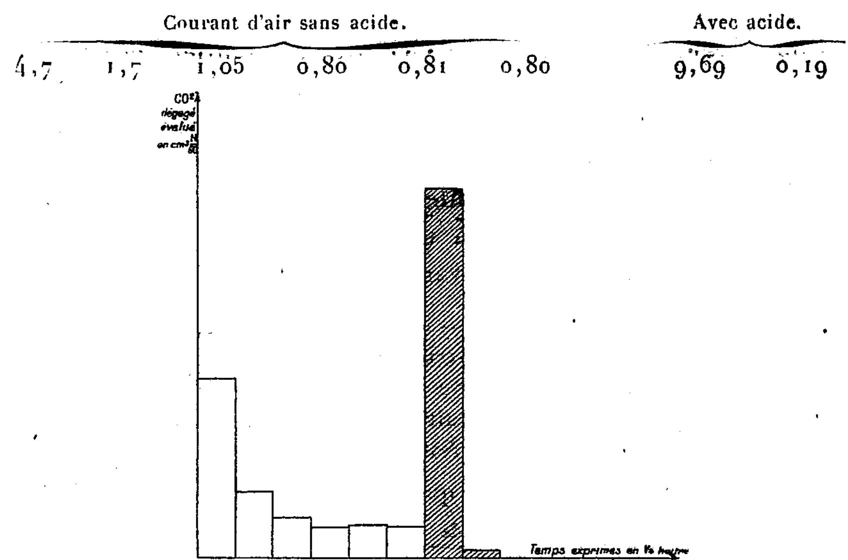


Fig. 2. — Plasma de chien.

Expérience III. — Sur 10^{cm^3} de sang total; quantités de CO^2 évaluées en centimètres cubes, dégagées de quart d'heure en quart d'heure :

Courant d'air sans acide.						Avec acide.	
9,8	4,6	2	0,8	0,5	0,4	0,6	0,05

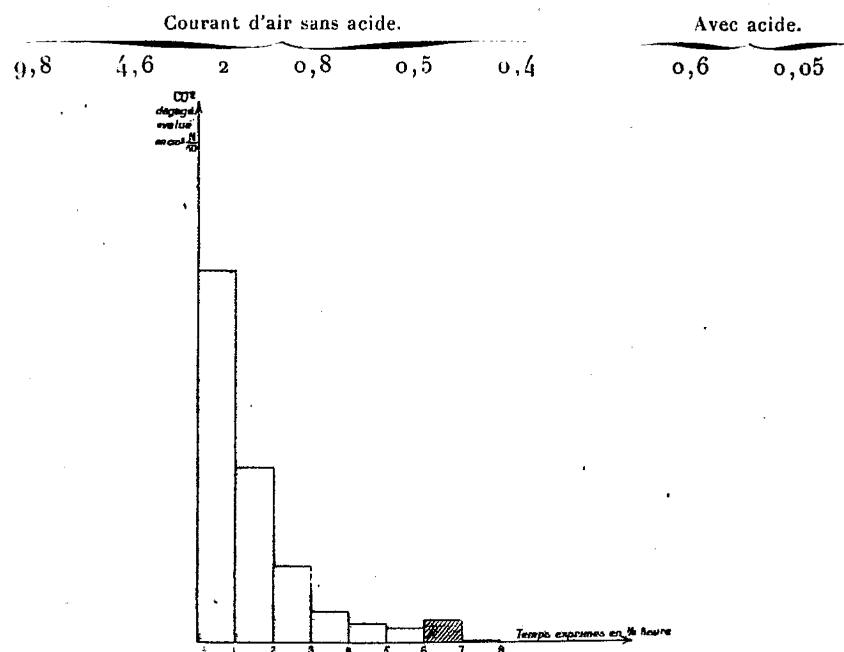


Fig. 3. — Sang total de chien.

On voit que :

1° Pour dégager la totalité de CO^2 du sérum et du plasma, l'addition de l'acide est nécessaire ;

2° Pour dégager la totalité de CO^2 du sang entier, le courant d'air suffit.

On est donc amené à penser que ce qui modifie l'allure de nos graphiques, dans le cas du sang entier, est dû à la présence des globules.

Tout se passe comme si les globules, dans les conditions de l'expérience, donnaient naissance peu à peu à un acide. Cette hypothèse trouve sa confirmation dans l'expérience suivante.

Expérience IV. — On introduit, dans le flacon-laboratoire, une certaine quantité de globules de chien, obtenus après centrifugation, puis lavage à l'eau physiologique.

On ajoute à ces globules leur volume d'une solution de NaCl, à 8,5 pour 1000, et on débarrasse de CO^2 le mélange introduit dans l'appareil. Cette opération terminée, on introduit 5^{cm^3} d'une solution de CO^3Na^2; quantités de CO^2 évaluées en centimètres cubes $\frac{N}{50}$, dégagées de quart d'heure en quart d'heure :

Courant d'air sans acide.				Avec acide.
2,45	1,20	0,8	0,25	0,45

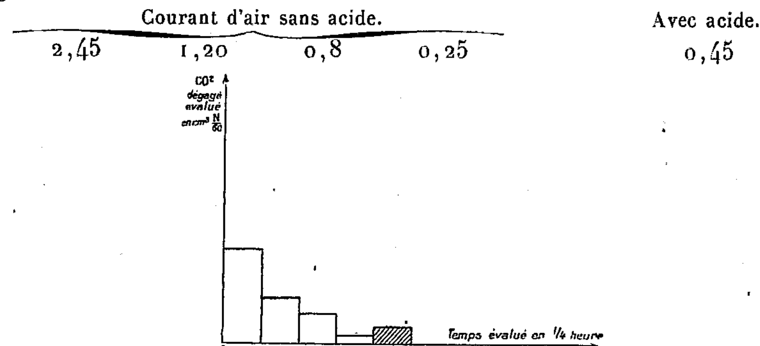


Fig. 4. — Action des globules sur CO^3Na^2.

Expérience V. — Nous avons fait un essai témoin avec la même quantité de carbonate, sans globules :

Courant d'air sans acide.				Avec acide.
0,1	0	0,05	0	4,85

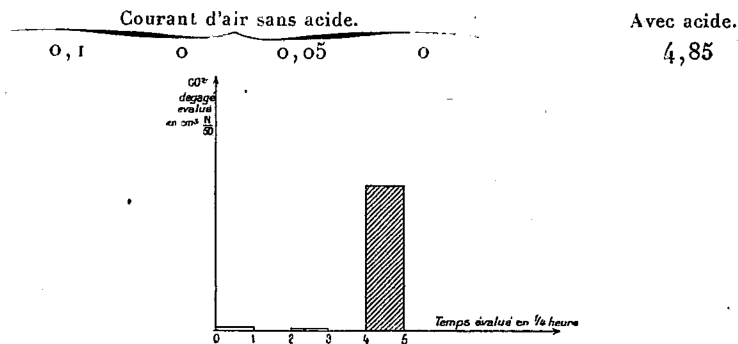


Fig. 5. — Action du courant d'air sur CO^3Na^2.

Expérience VI. — Nous avons répété l'expérience III sur du sang frais, laqué par l'eau distillée et porté à 100°, pendant quelques minutes, puis refroidi.

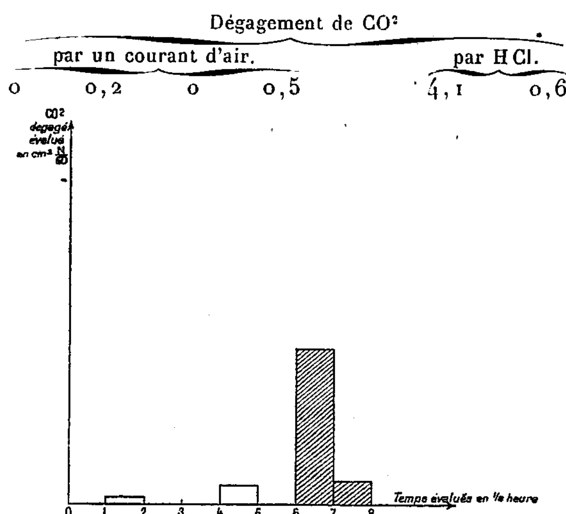


Fig. 6. — Sang laqué et porté à 100°.

La destruction complète des globules a, du même coup, arrêté le phénomène qui produit l'acidification présumée du milieu.

Nous sommes ainsi ramenés au cas simplifié de l'expérience V (solution aqueuse de $CO^3 Na^2$). La quantité de gaz dégagée par l'acide chlorhydrique ajouté, après épuisement par le courant d'air, doit mesurer sensiblement les carbonates alcalins et alcalino-terreux en puissance dans le milieu primitivement complexe. Ces carbonates neutres constituent, en définitive, la *réserve alcaline*. Le phénomène provoqué par la présence des globules n'est que la disparition progressive de cette réserve, dans les conditions précisées plus haut (appareil fermé; brassage dans un courant d'air à 15°).

Nous nous sommes demandé si ce phénomène ne se confondait pas avec la glycolyse. On sait que lorsque l'on abandonne du sang à l'étuve, vers 40°, la majeure partie du sucre a disparu après 3 heures; il n'en existe généralement plus après 18 heures.

Voici des expériences qui nous montrent l'état de la réserve alcaline, avant et après glycolyse.

On a porté 5$^{cm^3}$ de sang défibriné à l'étuve, à 42°, et l'on a dosé le glucose et la réserve alcaline :

	A l'origine.	Après 1h 45m.	Après 18 heures.	Après 23 heures.
Glucose par prise d'essai (en mg)............	7,6	–	0	0
Réserve alcaline $\frac{N}{50}$ par prise d'essai (en cm³)...	9,8	5,4	5,8	5,9

La diminution de la réserve alcaline est très nette avec le temps, mais elle ne paraît pas s'étendre au delà d'une certaine limite. Si l'on admet qu'une molécule de glucose se dédouble en deux molécules d'acide lactique, il faut en déduire que chaque milligramme de glucose est susceptible, après glycolyse, de faire disparaître $0^{cm^3},55\ \frac{N}{50}$ de réserve alcaline.

Dans le cas présent, la glycolyse complète de $7^{mg},6$ de glucose explique une diminution de la réserve alcaline égale à $4^{cm^3},2\ \frac{N}{50}$. C'est sensiblement ce que nous observons dans l'expérience ci-dessus où la réserve alcaline passe de $9^{cm^3},8\ \frac{N}{50}$ à une valeur sensiblement égale, en moyenne, à $5^{cm^3},7\ \frac{N}{50}$ (diminution $= 4,1$).

La quantité de glucose préexistant dans le sang n'a donc pas suffi, malgré la glycolyse totale, à faire disparaître complètement la réserve alcaline.

Il est d'ailleurs facile, comme nous l'avons vérifié, de poursuivre la réduction de la réserve alcaline par addition d'un complément de glucose. En ajoutant une quantité de ce sucre encore supérieure, on arrive même à remplacer la réserve alcaline par une véritable « réserve acide ».

Le phénomène de la glycolyse ne paraît pas suffisant cependant pour expliquer, à lui seul, dans l'expérience III (sang complet), le dégagement de CO^2 par l'action propre des globules à 15°. Dans ce cas, ainsi que dans les expériences similaires, nous observons toujours, en effet, une disparition sensiblement complète de la réserve alcaline, au bout d'un temps relativement court (1 heure environ) et à la température de 15°, alors que, dans notre expérience de glycolyse, à l'étuve à 42°, portant sur du sang non additionné de glucose, une certaine réserve alcaline subsiste. Il est possible, même probable, que, par suite du brassage constant réalisé par le courant d'air, dans notre appareil à circulation continue, se superposent à la glycolyse d'autres phénomènes susceptibles d'entraîner une production supplémentaire d'acides.

Des expériences en cours nous autorisent à penser qu'un dégagement d'acide carbonique à partir de combinaisons dans lesquelles cet acide existe dans le plasma — dégagement facilement obtenu, *in vitro*, dans le sang, par agitation continue — se réalise à tout instant, dans l'organisme, aux dépens d'une réserve alcaline constamment renouvelée. En particulier, on peut envisager, au niveau de l'épithélium pulmonaire, l'existence d'un mécanisme de cette nature.

Ce mécanisme chimique n'exclut pas, bien entendu, les mécanismes physico-chimiques que les expériences récentes d'Henderson ont contribué si grandement à élucider.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur une méthode pour apprécier le pouvoir fixateur de l'azote dans les terres.* Note [1] de M. S. WINOGRADSKY.

On désigne sous le nom de *pouvoir fixateur* la propriété des terres, soit des microbes qui les peuplent, de fixer l'azote de l'air aux dépens de la mannite, qu'on incorpore à la terre d'expérience ou dont on inocule une solution avec cette terre.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour mesurer ce pouvoir fixateur, mais aucune, à notre avis, ne peut servir utilement dans ce cas.

L'une, dite la méthode de solution, consiste à mélanger 10 pour 100 de terre à la solution conventionnelle de mannite et d'y doser au bout de 15 à 30 jours à l'étuve l'azote fixé.

La méthode est nettement défectueuse. La pullulation des *Azotobacter* est décidément entravée dans la solution par le manque d'aération, par la compétition des microbes étrangers, par la fermentation butyrique qui s'y déclare assez souvent; bref, elle a lieu dans des conditions déprimantes, ce qui fait que le gain en azote y est très variable et généralement trop peu important.

D'après la seconde méthode, la mannite est incorporée à la dose de 1-2 pour 100 à 100-200^g de terre tenue à l'étuve dans les meilleures conditions d'humidité. Au bout de 3 à 4 semaines on dose le gain en azote fixé sur une petite portion de cette terre. Peu exacte au point de vue analytique, — car le résultat immédiat du dosage, très faible, est multiplié par un facteur élevé, — la méthode n'est pas plus rationnelle au point de vue microbiologique. C'est qu'une partie de la mannite dans la terre est toujours perdue pour la fixation, en devenant la proie d'autres microbes que les coccus fixateurs; surtout dans les terres où l'azote n'est pas au minimum. La conséquence en est que le rendement ne correspond jamais à la quantité de mannite décomposée d'une manière tant soit peu exacte.

Une troisième méthode prend pour mesure du pouvoir fixateur des terres leur pouvoir de décomposer la mannite. Elle est basée sur les recherches de l'éminent bactériologiste danois Christensen qui a élaboré une méthode spéciale pour suivre la décomposition de cette substance dans la terre, en

(1) Séance du 2 mars 1925.

y prélevant chaque 5 jours la quantité nécessaire pour un dosage au permanganate. Mais l'application de cette méthode à la mesure de la fixation ne pourrait avoir qu'un caractère arbitraire, car le rapport des deux processus en question dans la terre n'a jamais été établi exactement, ce qui n'était pas même possible au moyen des méthodes mentionnées. De plus, l'objection concernant ce rapport, soulevée contre la méthode précédente, est valable dans ce cas également.

En résumé, une méthode appropriée serait encore à créer, méthode qui permettrait de juger en même temps de la présence ou absence des *Azotobacter* dans une terre donnée, de leur densité, du rendement en azote fixé aux dépens de la mannitte, comme mesure de l'action fixatrice corrélative de leur pullulation.

Pour rendre le processus constant, il était avant tout indispensable de le transplanter du milieu terre, peu électif, sur un milieu éminemment électif à caractères physico-chimiques constant, milieu minéral comme le sol, mais dépourvu de toute trace d'azote combiné et, bien entendu, additionné d'une dose déterminée de mannite. Pour composer un milieu bactériologique de ce genre, la silice gélatineuse, ou le silico-gel, était tout indiqué. Voici le mode de préparation des plaques auquel nous tenons actuellement.

On mélange de l'acide chlorhydrique étendu de densité 1,10 (B. 13) avec une solution de silicate de potasse de densité 1,06 (B. 6 à 8) à volumes égaux, en versant le silicate dans l'acide et en agitant. On distribue le mélange, pour préparer les *grandes plaques*, à raison de 200^{cm^3} dans des boîtes Pétri de 20^{cm} de diamètre, qu'on laisse sur un plan horizontal jusqu'à la prise du gel qui a lieu au bout d'un jour ou un peu plus.

Le gel bien solidifié, on le lave à l'eau courante, finalement à l'eau distillée bouillante en inondant plusieurs fois la plaque. L'eau de lavage ne doit plus donner la réaction du chlore; avec le bromo-crésol-pourpre, sa coloration doit être celle de l'eau distillée fraîchement bouillie. Pour que le lavage soit aussi complet, 2-3 jours sont nécessaires avec les plaques de cette grandeur. Ces plaques de gel une fois préparées peuvent être conservées en réserve pendant un temps très long, en les tenant dans une chambre humide.

Pour transformer la plaque de gel pur en milieu nutritif, on la couvre par une solution minérale ainsi composée :

Phosphate de potasse	$0^g,25$
Sulfate de magnésie	$0^g,15$
Chlorure de sodium	$0^g,15$
Sulfate de fer	traces
Sulfate de manganèse	traces
Eau distillée	100^{cm^3}

On verse 20^{cm^3} de cette solution dans une petite fiole, on ajoute $0^g,5$ de carbonate de chaux et 2^g de mannite, on chauffe à l'ébullition et l'on jette le contenu intégralement sur la surface du gel. Il ne reste qu'à laisser la soucoupe, ouverte, sur la plaque métallique de l'étuve de Roux pendant plusieurs heures jusqu'à la disparition de toute trace de la nappe liquide recouvrant le gel. Le milieu est alors prêt pour l'inoculation qui se fait avec de la terre qu'on etudie, directement.

On prépare l'échantillon de terre avec beaucoup de soins, en prélevant un nombre suffisant de cuillerées de terre sur toute la surface de la parcelle, en tamisant (après avoir laissé la terre se ressuyer, s'il le faut), en composant de la manière usitée par les chimistes agronomes une portion bien représentative de terre fine; après y avoir dosé l'humidité, on pèse sur la balance de précision exactement 1^g de terre en poids sec. Cette quantité, réduite à des granules les plus fines par des moyens les moins violents, est alors semée aussi uniformément que possible sur toute la surface de la plaque; on peut aussi en faire une suspension dans l'eau qu'on verse sur la surface de la plaque, en rinçant la fiole par quelques centimètres cubes d'eau; dans ce cas, on évapore la nappe liquide une seconde fois.

Ainsi inoculées les plaques sont mises à l'étuve à 30°.

Au bout de 2-3 jours l'aspect des plaques répond à la question, s'il y a des *Azotobacter* dans la terre et combien il y en a. Les terres arables fertiles provoquent l'apparition de colonies innombrables; d'autres ne donnent que des colonies clairsemées; encore d'autres un nombre très restreint, une dizaine; il y en a qui n'en donnent qu'une ou deux; enfin, le cas n'est pas très rare, où la plaque reste déserte indéfiniment.

Par un simple dénombrement de ces colonies, la question de la *densité relative* de la population azotobactérienne dans les terres données est facilement résolue. Il ne faudrait pas croire, pourtant que cette numération peut donner des chiffres absolus se rapportant au nombre des cellules dans la terre, pour la raison que les colonies sur le gel proviennent non d'individus isolés, mais de colonies naturelles composées d'un nombre considérable de cellules, ce qui est la forme de végétation ordinaire des *Azotobacter* dans le sol. Notons encore que ce dénombrement est à faire au bout de trois jours, pas plus tard, car les colonies commencent bientôt à confluer en grandes flaques qui couvrent la majeure partie de la surface.

L'examen microscopique de ces colonies montre qu'elles sont composées invariablement d'*Azotobacter*, le plus souvent purs, parfois un peu souillés de petites bactéries. Il n'est pas rare pourtant de voir apparaître tardivement sur ces plaques le *Clostridium pastorianum* qui n'y forme jamais de colonies libres, mais se développe au sein même du mucus azotobactérien en le gonflant par des bulles de gaz : indice sûr de sa pullulation. La glucose, employée au lieu de la mannite, favorise beaucoup les pullulations sponta-

nées de ce fixateur anaérobie sur les plaques, mais la mannite ne prévient pas toujours son ingérence.

Au bout d'une huitaine de jours, le mucus blanc des colonies est réduit à une croûte brune adhérente au gel, et l'on ne remarque plus aucun changement sur les plaques. Elles sont alors prêtes pour l'analyse. Pour les y préparer, on les laisse sécher à l'étuve à une douce chaleur. Au bout d'une dizaine d'heures le gel de la plaque avec son enduit est transformé en quelques grammes de gravier brun qui est introduit intégralement dans le ballon Kjeldahl pour servir au dosage.

Les dosages de l'azote fixé par les plaques ensemencées avec des terres à densité sensiblement égale de population azotobactérienne, donnent des résultats parfaitement d'accord au point de vue du rendement en azote. Voici les dosages effectués sur quatre plaques inoculées par quatre échantillons différents de terres notoirement fertiles.

Plaques 20^{cm} diamètre inoculées par 1^{g} de terre; dose de mannite 2^{g}; 9 jours à l'étuve :

	Gain net.
	mg
Terre I.	21,2
» II	21,2
» III	21,6
» IV	22,1

Pour les comparer à d'autres plus pauvres en *Azotobacters*, il est indispensable de fixer le minimum de temps nécessaire à la destruction d'une dose déterminée de mannite; autrement, les plaques à colonies peu nombreuses pourront atteindre le même rendement, si on leur laisse un temps plus long pour se développer.

Ainsi, la terre d'un pré n'a fait paraître que deux colonies, la terre d'un bois que douze; mais au bout de 20 jours à l'étuve ces colonies se sont étendues en flaques couvrant une centaine de centimètres carrés et les dosages exécutés au bout de cette période ont montré un gain très sensible en azote, quoique encore au-dessous du taux de la série précédente.

Plaques 20^{cm} de diamètre, inoculées par 1^{g} de terre; 2^{g} de mannite; 20 jours d'étuve :

	Gain net.
Terre du pré	$7^{mg},6$
Terre du bois	$17^{mg},0$

Malheureusement, le manque d'une méthode sensible pour doser la mannite ne rend possible cette détermination de la durée de séjour à l'étuve

que par tâtonnements. Par exemple, un dosage au bout de quatre jours seulement, à l'étuve nous a donné, exactement dans les mêmes conditions :

	Gain net.
Terre I	11mg,6
» II	13mg,5

On voit que le phénomène paraît déjà plus qu'à mi-chemin; en doublant donc le délai, en ajoutant encore un jour ou deux, on pouvait croire que le processus serait bien terminé dans toutes les expériences du même genre.

Pour contrôler si ce serait sûrement le cas, on a fait la même expérience dans des conditions légèrement modifiées, avec une dose de mannite moitié moindre, mais en maintenant les dix jours d'étuve.

Plaques 15cm de diamètre, inoculées par 0g,5 de terre; dose de mannite 1g; 10 jours à l'étuve :

	Gain net.
Terre I	10mg,4
» II	10mg,0

On abaisse encore la dose de mannite, en employant des plaques plus petites et en les inoculant par quelques douzaines de grains de terre.

Plaques 9cm,5 de diamètre; dose de mannite 0g,8; 10 jours d'étuve :

	Gain net.
Terre I	8mg,6
» II	8mg,1

En comparant tous les rendements, soit les gains moyens en azote fixé pour 1g de mannite, pour chaque expérience, on constate :

	mg
Pour les plaques de 20cm	10,7
» 15	10,2
» 9,5	10,4

Le fait qu'une dose deux fois et deux fois et demie moindre a donné, à la suite d'une inoculation proportionnée, un rendement sensiblement pareil aux *grandes plaques* au bout de 10 jours, permet bien de conclure que le phénomène était bien terminé dans ces dernières. La durée de leur séjour à l'étuve peut donc être fixée à 10 jours : un délai qui paraît bien approprié à la comparaison du pouvoir fixateur des terres à densité différente des microbes spécifiques.

Quant aux terres qui ne donnent pas de colonies d'*Azotobacters* sur les plaques, qui les laissent désertes indéfiniment, ou qui ne produisent que

quelques colonies minuscules d'espèces différentes n'ayant aucune tendance à s'étendre, elles ne provoquent aucune fixation d'azote. En voici deux exemples :

Plaques de 20^{cm} inoculées par 1^g de terre; dose de mannite 2^g; 20 jours à l'étuve :

	Gain net.
Terre V	$0^{mg},4$
» VI	$0^{mg},3$

Ces traces d'azote fixé représentent probablement les traces d'acide nitreux et nitrique provenant de la combustion du gaz, absorbées par le milieu alcalin durant les 20 jours à l'étuve. Donc, au néant de coccus fixateurs correspond le néant du pouvoir fixateur; nous ajouterons, dans ces conditions parfaites d'aérobiose.

Malgré le fait que toutes les expériences mentionnées ont donné des résultats sensiblement les mêmes, nous croyons devoir nous tenir aux *grandes plaques* à 2^g de mannite, car elles présentent l'avantage incontestable de pouvoir y semer 1^g de terre, poids sec, sans trop charger la surface du gel de particules terreuses.

Préparées et semées comme indiqué, les plaques seront tenues dix jours à l'étuve à 30°; la densité sera déterminée par dénombrement des colonies au bout de trois jours; pour le dosage on fera sécher le gel jusqu'à l'état de sable ou gravier à 35°-40°.

En résumé, la méthode nous paraît avoir des chances d'une application assez large, car elle est suffisamment précise tout en étant simple et accessible à ceux des chimistes-agronomes qui ne sont pas au courant des méthodes microbiologiques.

ÉLECTIONS.

Par 47 suffrages contre 1 à M. *Jean Bosler*, 1 à M. *Ernest Esclangon*, 1 à M. *Gaston Fayet*, 1 à M. *Jean Mascart*, M. **Luc Picart** est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *Stéphan*, décédé.

Par 45 suffrages contre 2 à M. *Victor Mosseri* et 1 à Sir *Erwin Smith*, Sir **John Russell** est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *Winogradsky*, élu Associé étranger.

PLIS CACHETÉS.

M. A. Blondel demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 9 décembre 1918 et inscrit sous le n° 8598.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une note intitulée : *Sur une méthode d'analyse harmonique des ondes de courants alternatifs par comparaison avec un alternateur-étalon poly-harmonique*.

Un extrait en sera publié.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Les quatre premiers fascicules (présentés par M. L. Mangin) du *Bulletin du Laboratoire de morphologie expérimentale et d'aviation de l'École des Hautes Études* :

I. *Contribution à l'étude de la structure interne du vent*, par E. Huguenard, A. Magnan et E. Planiol ;

II. *Le calcul des trajectoires des avions voiliers avec application au vol à voile dynamique*, par E. Huguenard et A. Sainte-Laguë ;

III. *L'aviation sans moteur*, par A. Magnan ;

IV. *Étude sur l'énergie interne du vent, son rôle dans le vol à voile et la navigation aérienne*, par E. Huguenard, A. Magnan et A. Planiol.

2° *L'année psychologique* (24e année, 1923). (Présenté par M. Henneguy.)

3° *Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie*. Vol. V, années 1917-1922. Première Partie. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les courbes gauches algébriques.* Note de M. M. Légaut.

Le système complet des surfaces φ_l de degré l, contenant une courbe gauche Γ, détermine sur un plan général Π un système linéaire $|C_l|$ de courbes de degré l. Ce système est de dimension inférieure ou égale à celle du système complet $|\varphi_l|$ des courbes de degré l du plan Π qui passent par la section plane A de Γ. Nous désignerons le défaut du système $|C_l|$ par ω_l.

M. Castelnuovo a démontré que, lorsque l est assez grand, on est certain que ω_l est nul et que par suite le système $|\varphi_l|$ coïncide avec le système $|C_l|$.

Je me propose de donner ici, en me plaçant d'abord dans les conditions les plus générales, la limite inférieure l_0 de l pour laquelle ce résultat est atteint.

Ce nombre l_0 est lié aux propriétés du système de points A.

En général, le nombre l_0 est tel que $l_0 + 1$ est le plus petit degré d'une courbe qui est assujettie pour passer par le système de points A à un nombre de conditions indépendantes égal au nombre de ces points.

En prenant les notations déjà employées dans deux Notes aux *Comptes rendus* [1] on obtient le théorème suivant :

Le défaut ω_l du système $|C_l|$ est nul lorsque

$$l \geqq h_1^A - 3.$$

Précisons ce résultat. En employant les mêmes notations, on obtient les restrictions suivantes :

Si

$$h_1^A > k_1^A + 1 \quad \text{ou} \quad h_1^A = k_1^A + 1, \quad k_1^A > h_3^A \qquad l_0 = h_1^A - 3.$$

Si

$$h_1^A = k_1^A + 1, \quad k_1^A = h_3^A \quad \text{ou} \quad h_1^A = k_1^A, \quad h_3^A > k_3^A \quad \text{si} \quad h_3^A = k_1^A, \qquad l_0 = h_1^A - 2.$$

Si

$$h_1^A = k_1^A = h_3^A = k_3^A, \qquad l_0 = h_1^A - 1.$$

Ces propriétés supposent que le système A présente des caractéristiques

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2157, et 179, 1924, p. 17.

impaires h_1^A, k_1^A, ..., suffisamment grandes par rapport au degré de la première courbe minima de A. S'il n'en est pas ainsi, les résultats précédents ne sont pas tous exacts. C'est ce qui arrive en particulier quand A est un système général, c'est-à-dire formé de points arbitraires. Dans ces conditions, si h_0^A est le degré de sa courbe minima, on démontre par la même méthode que *ω_l est nul quand l est supérieur ou égal à $h_0^A + 2$.*

Les résultats obtenus s'étendent aux courbes Γ présentant des points singuliers à condition qu'ils satisfassent à la propriété suivante :

La singularité ([1]) d'un système de points, section de Γ par un plan passant par un point singulier, est égale à celle d'un système, section de Γ par un plan général (au moins pour des valeurs de l suffisamment petites).

Le raisonnement employé ne suppose pas que la courbe Γ est indécomposable. Dans le cas où elle est réductible, il est nécessaire que les points de rencontre de ses parties (s'ils existent) satisfassent à la propriété précédente.

L'application de ces résultats à la théorie des surfaces donne des précisions sur la régularité des surfaces qui admettent la ligne Γ comme ligne double à l'exclusion de toute autre singularité.

En conservant les notations précédentes, et en désignant en particulier par A le système section plane de Γ, on obtient les propriétés suivantes :

Si $h_1^A = k_1^A = h_3^A = k_3^A$ la surface est irrégulière lorsque son degré N est égal à $h_1^A + 1$ et ([2])

$$p_g - p_n = \omega_{N-3}.$$

Si les quatre premières caractéristiques impaires ne sont pas toutes égales, la surface est régulière.

Comme dans ce qui précède, on suppose aussi ici que l'on dispose de systèmes A présentant des caractéristiques impaires suffisamment grandes par rapport au degré de leur première courbe minima. En fait, on voit que les résultats relatifs à la régularité de la surface sont applicables si

$$h_1^A - 5 \geqq h_0^A.$$

([1]) La singularité d'un système de points pour les courbes de degré l est l'excès du nombre des points sur le nombre de conditions indépendantes qu'ils imposent aux courbes de ce degré qui les contiennent.

([2]) On retrouve ainsi un résultat général connu. La méthode employée permet d'ailleurs de démontrer ce résultat lorsque les points singuliers de la surface satisfont à une certaine propriété.

Si $h_1^A > k_1^A + 1$ *ou* $h_1^A = k_1 + 1$, $k_1^A > h_3^A$, *le système complet des surfaces adjointes d'ordre* N — 4 *à la surface* F_N *découpe sur un plan général le système complet des adjointes d'ordre* N — 4 *à la section plane de* F_N.

D'une façon générale, *seule la surface de plus petit degré admettant* Γ *comme ligne double peut être irrégulière.*

La limite inférieure l_0 peut être abaissée quand les coefficients de la courbe satisfont à certaines relations algébriques. Donnons-en un exemple.

Soit Γ_1 la première courbe réduite de Γ. Supposons que la première surface minimum de Γ_1 ait le degré de la première courbe minima d'une section plane de Γ_1. On trouve alors que, en général, la limite inférieure l_0 est égale à $k_1^A - 3$.

Une courbe Γ est dite *congrue au plan jusqu'à la* $k^{\text{ième}}$ *adjointe de* Γ_1, si la première surface minima de cette courbe adjointe découpe sur un plan la première courbe minima de sa section plane et si ce fait ne se renouvelle pas pour la $(k+1)^{\text{ième}}$ adjointe. On voit alors que cette propriété se présente pour les adjointes de rang inférieur à k et pour elles seulement.

Dans ces conditions, si $k = 2i$, $l_0 = k_{2i+1}^A - \varepsilon$; si $k = 2i + 1$, $l_0 = h_{2i+2}^A - \varepsilon$, où $\varepsilon = 1, 2, 3$. Le cas général est $\varepsilon = 3$.

La fonction ω_l peut être nulle aussi pour des valeurs de l, inférieures à l_0.

Supposons que la première surface minima de Γ soit du degré h_0^A de la première courbe minima de sa section plane. On voit que ω_l est nul quand $l < k_0^A$.

Une courbe Γ est dite *congrue au plan jusqu'à sa* $j^{\text{ième}}$ *adjointe* si la première surface minima de cette courbe adjointe découpe sur un plan la première courbe minima de sa section plane et que ce fait ne se renouvelle pas pour la $(j+1)^{\text{ième}}$ adjointe.

Dans ces conditions, si $j = 2i$, ω_l est nul quand $l < k_{2i}^A$; si $j = 2i + 1$, ω_l est nul quand $l < h_{2i+2}^A$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les séries d'itération et les fonctions quasi analytiques.* Note [1] de M. **Gaston Julia**.

1. On considère une fraction rationnelle R(Z) conservant le cercle fondamental $|Z| \leqq 1$ et admettant deux points doubles attractifs α et β $[\alpha \neq 0, \beta \neq \infty]$ symétriques par rapport au cercle; $R_n(Z)$ est l'itérée d'ordre n; les

(1) Séance du 2 mars 1925.

cycles répulsifs de l'itération $[Z \mid R(Z)]$ sont partout denses sur le cercle. On forme, avec les constantes a_n, la série (1) $\Sigma a_n R_n(Z)$. Lorsque Σa_n converge, elle représente dans le cercle une fonction holomorphe de Z, et hors du cercle une fonction méromorphe admettant les pôles des $R_n(Z)$ pour pôles. Ces pôles sont les antécédents successifs du point à l'infini, ils sont distincts [car l'infini n'est ni point double ni point critique d'aucune $R_{-n}(Z)$], ils ont pour ensemble limite le cercle $|Z| = 1$. Donc ce cercle est une coupure de Weierstrass pour la fonction représentée à l'extérieur par la série (1). On peut étudier la série (1) et les séries dérivées sur des droites traversant le cercle aux points des cycles répulsifs. Si Z_0 est un tel point, on peut, dans tout angle de sommet Z_0, ne contenant pas la tangente, tracer par Z_0 une droite ne passant par aucun pôle des R_n, inclure cette droite D dans un angle ne contenant aucun pôle des R_n et grâce à un contour formé des deux côtés de cet angle et d'un arc de cercle de centre Z_0 [antécédent d'ordre $k\nu \geqq n$ d'un arc entourant Z_0] fuyant devant les pôles de R_n et tendant vers Z_0 quand n devient infini, contour sur lequel R_n reste borné quel que soit n, évaluer sur un segment de D contenant Z_0 une borne supérieure de la dérivée $|R_n^{(p)}(Z)| < A(p!)[\sigma'_k]^{\nu(p+1)}$, où k est l'ordre du cycle de Z_0, $\sigma'_k = \sigma_k + \varepsilon$ [σ_k multiplicateur du cycle], et ν un entier défini par

$$k(\nu - 1) < n \leqq k\nu,$$

A est une constante. Or on voit aisément que $\sigma_k^{\frac{1}{k}}$ est toujours inférieur à λ maximum de $|R'(Z)|$ sur le cercle $|Z| = 1$, donc

$$|R_n^{(p)}(Z)| < A(p!)[\lambda + \varepsilon]^{(n+k)(p+1)}.$$

Ceci prouve :

1° que la série (1) et ses dérivées jusqu'à l'ordre p convergent uniformément sur D lorsque le rayon de convergence de la série image $\varphi(z) = \Sigma a_n z^n$ est supérieur à λ^{p+1} ;

2° que la série (1) et toutes les séries dérivées convergent uniformément sur D si $\varphi(z)$ est une *fonction entière*;

3° que, dans cette dernière hypothèse, en posant $f(Z) = \Sigma a_n R_n(Z)$, on aura, sur D,

$$|f^{(p)}(Z)| < \mathcal{A}_0 p!(\lambda + \varepsilon)^{k(p+1)}\Phi[\lambda'^{p+1}],$$

où $\lambda' = \lambda + \varepsilon$, et où Φ désigne la série des modules de φ, à savoir $\Phi(z) = \Sigma |a_n| z^n$. On en déduit

$$|f^{(p)}(Z)|^{\frac{1}{p}} < \mathcal{A}_0 p [\Phi(\lambda'^{p+1})]^{\frac{1}{p}},$$

où $\mathcal{A}$ est, par rapport à p, une constante qui dépend de l'indice k du cycle et devient infinie avec lui. De cette inégalité résulte *qu'à chaque classe* C *de fonctions quasi analytiques on peut faire correspondre une classe de fonctions entières d'ordre nul* $\varphi(z)$ *qui, prises pour séries-images, fourniront des séries* (1) *représentant des fonctions quasi analytiques de* Z *appartenant à la classe* C. Si, par exemple, on a

$$\log \Phi(r) < \frac{\log r}{\log l + \varepsilon} \log_3 r, \qquad [r = |z|],$$

on peut affirmer que, sur tout segment de D contenant Z_0, on aura

$$|f^{(p)}(Z_0)|^{\frac{1}{p}} < A_1 p \log p.$$

La fonction f est quasi analytique de la classe $p \log p$, et son *prolongement peut se faire sur toute droite passant par un point d'un cycle répulsif et ne passant par aucun pôle des* R_n. On prouve d'autre part que la limitation de la croissance de $\Phi(r)$ correspondant à la classe C qu'on envisage empêche la fonction $f(Z)$ d'être analytique en un *point double répulsif* de l'itération. La fonction (1) est donc holomorphe à l'intérieur du cercle et admet le cercle pour coupure de Weierstrass, comme la fonction représentée par (1) à l'extérieur : les deux fonctions se prolongent l'une l'autre *quasi analytiquement* sur toutes les droites précédentes.

A ma connaissance, les séries de fractions simples de M. Borel étaient jusqu'ici le seul exemple connu de fonctions quasi analytiques de variable complexe. Celui que je signale aujourd'hui offre l'intérêt de *se présenter naturellement* par application d'un procédé régulier d'itération. J'ajoute qu'on peut généraliser considérablement le type indiqué et notamment considérer les fractions qui ne sont pas à cercle fondamental. J'y reviendrai ailleurs.

2. $G(z)$ désignant la fonction méromorphe de Poincaré d'un point double répulsif, telle que $G(sz) = R[G(z)]$, la série (1) devient en posant $Z = G(z)$, $F(z) = \Sigma a_n G(s^n z)$ $[s > 1]$. C'est là un type dérivé du type ci-dessus et pour lequel on peut faire une étude parallèle à celle du n° 1. La coupure est l'axe imaginaire; à gauche $F(z)$ est holomorphe ; à droite elle est méromorphe. Sous les hypothèses précédentes pour $\Phi = \Sigma |a_n| Z^n$, F est quasi analytique et l'on traverse l'axe imaginaire quasi analytiquement. Tout cela résulte de l'étude de $G(z)$ qui se fait aisément. Ceci m'a suggéré l'étude de types variés de fonctions quasi analytiques tels que $\Sigma a_n f(nz)$, où f est *entière* (il comprend la série de Fourier),

$$\Sigma a_n f(z + n\omega), \quad \Sigma a_n f(z^{q^n}), \quad \Sigma a_n f[P_n(z)]$$

pour f *méromorphe* et P_n polynôme itéré : on considère dans ces types des fonctions entières ou méromorphes *quelconques* assujetties à quelques restrictions permettant l'évaluation des dérivées de tout ordre à la traversée des points singuliers essentiels.

J'exposerai plus tard les résultats de cette étude. Je signalerai ici deux exemples se rattachant à la fonction de Poincaré.

1° $\Sigma a_n \operatorname{th}(2^n z)$ définit, lorsque $\log\Phi(r) < \frac{\log r}{\log 2}\log_3 r$, une fonction quasi analytique $F(z)$ de la classe $p\log p$, holomorphe à gauche et à droite de l'axe imaginaire, cet axe étant coupure de Weierstrass. Elle admet pour *quasi-périodes* (arbitrairement petites) tous les nombres $\frac{2i\pi}{2^q}$ (q entier quelconque) en ce sens que $\left[F\left(z+\frac{2i\pi}{2^q}\right)-F(z)\right]$ est une fonction *méromorphe dans tout le plan* z, bien que chaque terme de la différence ne soit pas analytique sur l'axe imaginaire. Cet exemple, étudié dans le plan $Z = \operatorname{th} z$, donne des résultats intéressants.

2° $\wp(u)$ étant la fonction elliptique classique aux périodes (ω_1, ω_2) on pose $\omega_3 = \omega_3 + \omega_2$ et l'on forme $F(z) = \Sigma a_n f(2^n z)$, avec $f(z) = \wp\left(z+\frac{\omega_3}{2}\right)$. Si l'on a par exemple $\log\Phi(r) < \frac{\log r}{C}\log_3 r$, C constante convenable ($C = 1,4$ environ), $F(z)$ est quasi analytique sur toute droite ne passant par aucun pôle (classe $p\log p$). Elle n'est *nulle part analytique*, ses *pôles étant partout denses dans tout le plan*. Elle admet pour *quasi-périodes* (arbitrairement petites) tous les nombres $m_1\frac{\omega_1}{2^q} + m_2\frac{\omega_2}{2^q}$ (où m_1, m_2, q sont des entiers arbitraires), le mot quasi-période étant pris au sens de l'exemple précédent.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions hypersphériques zonales.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Pour démontrer que les polynomes $V_{m,n}$ d'Hermite jouent le rôle de fonctions harmoniques zonales sur l'hypersphère, M. Appell est parti [1] de la fonction génératrice de ces polynomes; M. Kampé de Fériet est parvenu au même résultat [2] par la considération de l'équation aux dérivées partielles qu'ils vérifient. La marche nouvelle que je me propose de suivre

[1] *Rend. del Circolo mat. di Palermo*, 36, 1913, p. 203.

[2] *Thèse*, Paris, 1915; *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 519.

ici fait intervenir l'expression de ces mêmes polynomes par une intégrale double; elle s'inspire d'une méthode très générale, indiquée par M. Whittaker (¹) pour trouver, sous forme d'intégrale définie, des solutions de Laplace à trois variables.

Dans le Mémoire auquel je fais précisément allusion, M. Whittaker donne en outre, de l'équation des ondes

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 U}{\partial t^2},$$

la solution générale

$$U = \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f(x \sin u \cos v + y \sin u \sin v + z \cos u + ct, u, v)\, du\, dv,$$

où f est une fonction arbitraire de trois variables. Cette formule va nous servir de point de départ, car si nous faisons $c = i$, nous en déduirons que l'équation de Laplace $\Delta U = 0$ à quatre variables, c'est-à-dire dans l'espace à quatre dimensions, admet la solution générale

$$U = \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f(x \sin u \cos v + y \sin u \sin v + z \cos u + it, u, v)\, du\, dv.$$

En particulier, nous pouvons prendre pour f la fonction

$$(x \sin u \cos v + y \sin u \sin v + z \cos u + it)^\lambda g(u, v),$$

λ étant un nombre quelconque et g une fonction arbitraire.

Faisons alors le changement de variables (coordonnées hypersphériques)

$$x = i\rho x_1, \qquad y = i\rho x_2,$$
$$z = \rho\sqrt{x_1^2 + x_2^2 - 1}\,\sin\varphi, \qquad t = \rho\sqrt{x_1^2 + x_2^2 - 1}\,\cos\varphi.$$

La fonction

$$U = \rho^\lambda \int\int \left[ix_1 \sin u \cos v + ix_2 \sin u \sin v + \sqrt{x_1^2 + x_2^2 - 1}\,(\sin\varphi \cos u + i \cos\varphi)\right]^\lambda \times g(u, v)\, du\, dv$$

sera donc une solution de l'équation de Laplace en coordonnées hypersphériques. Si nous faisons $\varphi = 0$, l'expression obtenue

$$U_1 = \rho^\lambda \int\int \left(x_1 \sin u \cos v + x_2 \sin u \sin v + \sqrt{x_1^2 + x_2^2 - 1}\right)^\lambda g(u, v)\, du\, dv$$

sera une *fonction hypersphérique zonale*.

(¹) *Math. Ann.*, 57, 1903, p. 333.

Mais, d'après Didon (¹), le polynome $V_{m,n}$ d'Hermite s'écrit, à un facteur constant près,

$$V_{m,n}(x_1, x_2) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} du \int_0^{2\pi} dv \frac{\sin^{m+n+1} u \cos^m v \sin^n v}{\left(x_1 \sin u \cos v + x_2 \sin u \sin v + \sqrt{x_1^2 + x_2^2 - 1}\right)^{m+n+2}}.$$

Il suffit donc de prendre

$$\lambda = -(m+n+2),$$
$$g(u, v) = \sin^{m+n+1} u \cos^m v \sin^n v,$$

et de remarquer que l'on peut, par suite des symétries, réduire de o à $\frac{\pi}{2}$ l'intervalle de variation de u, pour retrouver, par une méthode évidemment très générale et pouvant s'appliquer à divers autres cas particuliers, l'expression connue

$$U_1 = \frac{1}{\rho^{m+n+2}} V_{m,n}(x_1, x_2)$$

d'une fonction hypersphérique zonale.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème d'existence et sur deux modes de représentation des solutions des équations différentielles ordinaires.* Note de M. Léon Pomey, présentée par M. L. Lecornu.

1. *Existence. Premier mode de représentation.* — Pour intégrer un *système différentiel analytique* quelconque tel que (1) (normal et limité, pour simplifier l'écriture, à deux équations), nous déterminerons, suivant une méthode classique, deux solutions distinctes φ_1 et φ_2 de *l'équation aux dérivées partielles* équivalentes (2) qui, par une intégration de x_0 à x, se transforme en une *équation intégro-différentielle* linéaire (3) du type Volterra renfermant une fonction arbitraire $f(y_1, y_2)$:

$$(1) \qquad \frac{dy_i}{dx} + K_i(xy_1y_2) = 0 \qquad (i = 1, 2),$$

$$(2) \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial x} = K_1(xy_1y_2)\frac{\partial\varphi}{\partial y_1} + K_2(xy_1y_2)\frac{\partial\varphi}{\partial y_2},$$

$$(3) \qquad \varphi(xy_1y_2x_0) - f(y_1y_2) = \int_{x_0}^{x} \sum_{i=1}^{i=2} K_i(ty_1y_2)\frac{\partial\varphi(ty_1y_2x_0)}{\partial y_i}\,dt.$$

(¹) *Ann. Éc. Norm. sup.*, 6, 1869, p. 7.

Les fonctions données $K_i(xy_1y_2)$ étant supposées holomorphes ainsi que $f(y_1y_2)$ dans le domaine (D, D_1, D_2), appliquons nos résultats antérieurs [1] au cas particulier de l'équation (3) : elle admet, au moins dans un certain domaine $\Delta(xy_1y_2x_0)$ qui a été indiqué, une solution $\varphi(xy_1y_2x_0)$ holomorphe et exprimable par un développement « synthétique » Σu_n (auquel conduiraient d'ailleurs les approximations successives de M. Picard).

Ce développement nous fournira ceux de $\varphi_1(xy_1y_2x_0)$ et $\varphi_2(xy_1y_2x_0)$ en prenant pour $f(y_1y_2)$ successivement deux fonctions *indépendantes* $f_1(y_1y_2)$ et $f_2(y_1y_2)$. Égalons φ_1 et φ_2 aux constantes $f_1(y_1^0y_2^0)$ et $f_2(y_1^0y_2^0)$, qui sont les valeurs prises par φ_1 et φ_2 aux points x_0, y_1^0 y_2^0 donnés arbitrairement dans D, D_1, D_2. Les deux équations ainsi obtenues définissent bien *deux fonctions implicites* $y_1(x)$ et $y_2(x)$ *égales à* y_1^0 et y_2^0 *pour* $x = x_0$ *et holomorphes dans un domaine précisé plus loin. Ce sont*, comme l'on sait, les *solutions demandées*. Enfin comme on peut évidemment permuter les rôles des deux systèmes réciproques de valeurs x, y_1, y_2 et x_0, y_1^0, y_2^0, *la fonction générale* $f_i(y_1y_2)$ *est directement représentée* (i *étant* 1 *ou* 2) *par la série* $F(f_i)$, *dont le premier terme* u_0 *et le terme général* u_n *ont respectivement pour valeurs* $f_i(y_1^0y_2^0)$ *et*

$$\int_{x_0}^{x}\sum_{\nu=1}^{\nu=2} K_\nu(ty_1^0y_2^0)\frac{\partial u_{n-1}(x_0y_1^0y_2^0t)}{\partial y_\nu^0}\,dt.$$

Si notamment on prend $f_i \equiv y_i$, *on exprime ainsi explicitement les solutions* y_i *elles-mêmes par des séries valables, comme on l'a vu, dans le domaine* $\Delta(x_0y_1^0y_2^0x)$, *c'est-à dire au moins tant que* x *est dans* D *et à une distance de* $x_0 < \frac{\delta_0}{M}$ (en désignant par δ_0 la plus courte distance de y_1^0 et y_2^0 aux frontières C_0 et Γ_0 de D_1 et D_2, et par M le maximum de $|K_1|$, $|K_2|$ quand x et y_i sont dans D et D_i). Donc nous avons simultanément démontré à nouveau l'existence et obtenu une représentation des solutions y_i du système (1) dans le domaine d'holomorphie $\Delta(x_0y_1^0y_2^0x)$; celui-ci se réduit en particulier, si on limite D et D_i à des cercles de centres x_0 et y_i^0, au domaine (plus étendu que celui de la méthode des limites), *qui a été déterminé par M. Picard* [2] et que nous retrouvons par une autre voie.

---

[1] *Comptes rendus*, 180, 1925, § 3, p. 571. (Dans cette Note v_n désignait une limite supérieure $|u_n|$.)

[2] *Traité d'Analyse*, 2, 1893, p. 309.

Remarquons que pour obtenir φ_2 on peut, dans (3), remplacer x_0 par une autre limite x_1; ce qui permet l'étude de *l'intégration de* (1) *avec d'autres conditions initiales que celles de Cauchy* [par exemple en se donnant $y_1(x_0)$ et $y_2(x_1)$ ou encore $y_1(x_0)$ et $y_1(x_1)$] pour x_1 voisin de x_0.

2. *Second mode de représentation de $f_i(y_1 y_2)$.* — La formule de Cauchy permet de *ramener l'équation* (3) [et par suite le système (1)] *à l'équation intégrale* (4) *du type Fredholm*, où λ est un paramètre introduit dans (1) devant les fonctions $K_i(xy_1y_2)$, η, ζ les variables d'intégration relatives aux contours C_0 et Γ_0 et $G_0(ty_1y_2x_0\eta\zeta)$ un *noyau* défini par (5), savoir :

$$(4)\qquad \varphi_i(xy_1y_2x_0) = f_i(y_1y_2) + \frac{\lambda}{(2\pi i)^2}\int_{C_0}\int_{\Gamma_0}\int_{x_0}^{x} G_0(ty_1y_2x_0\eta\zeta)\,\varphi(t\eta\xi)\,dt\,d\eta\,d\zeta,$$

$$(5)\qquad G_0(ty_1y_2x_0\eta\zeta) = \frac{K_1(ty_1\zeta)}{(\eta-y_1)^2(\zeta-y_2)} + \frac{K_2(t\eta y_2)}{(\eta-y_1)(\zeta-y_2)^2}.$$

Le développement *synthétique* de $\varphi_i(xy_1y_2x_0)$ devient alors identiquement l'expression suivante (6), où le *noyau résolvant* R est une série, dont le premier terme est G_0 et dont le terme général $\lambda^n G_n(txy_1y_2x_0\eta\zeta)$ est donné par (7), savoir :

$$(6)\qquad \varphi(xy_1y_2x_0) = f(y_1y_2) + \frac{\lambda}{(2\pi i)^2}\int_{C_0}\int_{\Gamma_0}\int_{x_0}^{x} R(txy_1y_2x_0\eta\zeta)\,dt.f(\eta\zeta)\,d\eta\,d\zeta.$$

$$(7)\qquad G_n = \frac{1}{(2\pi i)^2}\int_{C_n}\int_{\Gamma_n} G_{n-1}(tx\eta_n\zeta_n x_0\eta\zeta)\,d\eta_n\,d\zeta_n\int_t^x G_0(sy_1y_2x_0\eta_n\zeta_n)\,ds;$$

$C_1, C_2, \ldots, C_n, \ldots$ et $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_n, \ldots$ sont ici deux séries de contours simples (intérieurs à C et Γ) dont chacun entoure le suivant, tous enveloppant deux contours fixes C_∞ et Γ_∞ qui enveloppent y_1 et y_2 ainsi que y_1^0 et y_2^0.

Et alors $f_i(y_1y_2)$ aura pour expression $\varphi_i(x_0y_1^0y_2^0x)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'allure de fonctions harmoniques dans le voisinage d'un point exceptionnel.* Note de M. **W. Stozek.**

L'objet de cette Note est la généralisation des théorèmes de M. Picard [1], concernant l'allure de fonctions harmoniques dans le voisinage d'un point exceptionnel [2].

---

(1) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 933 et 1025.

(2) Dans le même Tome des *Comptes rendus* (176), on trouve des Notes de MM. P. Noaillon (p. 879), G. Bouligand (p. 1037, 1200, 1366) et H. Lebesgue (p. 1097, 1270), relatives au même sujet.

Lemme. — Si $u(P)$ est une fonction harmonique dans tout le voisinage V d'un point A, sauf peut-être en ce point, il existe deux constantes C_1 et C_2, telles que, sur toute sphère (cercle) K de centre A située dans V, on ait

$$\int_K u\, d\sigma = C_1 r + C_2 r^2 \qquad \text{(espace)},$$
$$\int\int_K u\, ds = C_1 r \log\frac{1}{r} + C_2 r \qquad \text{(plan)},$$

r étant le rayon de la sphère (cercle) en question.

Théorème. — *Si pour tous les* r $(0 < r < r_0)$, *on a*

(1)
$$\begin{cases} -\dfrac{d}{r} < u(P) \;\; \text{(1)} & \text{(espace)}, \\ -d \log\dfrac{1}{r} < u(P) & \text{(plan)}, \end{cases}$$

où d *est une constante positive, alors* $u(P)$ *est de la forme*

(2)
$$\begin{cases} u(P) = \dfrac{\text{const.}}{r} + \text{fonction harmonique} & \text{(espace)}, \\ u(P) = \text{const.} \log\dfrac{1}{r} + \text{fonction harmonique} & \text{(plan)}. \end{cases}$$

Conclusion. — $u(P)$ est harmonique dans v, si

(3)
$$\begin{cases} u(P) = 0\left(\dfrac{1}{r}\right) & \text{(espace)}, \\ u(P) = 0\left(\log\dfrac{1}{r}\right) & \text{(plan)}. \end{cases}$$

La démonstration, qui n'emploie que les théorèmes de Green appliqué aux domaines limités par des sphères (cercles), paraîtra dans un autre Recueil (2).

(1) Evidemment on obtient un théorème analogue en changeant le signe — en + et le sens de l'inégalité.

(2) M. Steinhaus a remarqué que la conclusion (2) du théorème reste vraie si l'on suppose seulement que l'hypothèse (1) soit vérifiée pour une suite $\{r_n\}$ tendant vers zéro; il en déduit que, si A est un point singulier, deux cas peuvent se présenter : 1° $u(P)$ a la forme (2); 2° $u(P)$ satisfait aux relations

$$\left.\begin{aligned} \lim r \times \text{minimum de } u(P) \text{ sur } K &= -\infty \\ \lim r \times \text{maximum de } u(P) \text{ sur } K &= +\infty \end{aligned}\right\} \text{espace}$$

et aux relations analogues pour le plan. Dans ce deuxième cas. A est un point-limite des zéros de u.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le sillage des cylindres tournants.* Note de M. A. LAFAY, présentée par M. M. Hamy.

Au cours des années 1910-1911 [1], j'ai eu l'honneur de signaler à l'Académie un certain nombre de propriétés nouvelles, relatives à l'action que subit un cylindre tournant placé dans le vent d'une soufflerie; j'ai également indiqué, vers la même époque [2], divers moyens de mettre en évidence les particularités du champ aérodynamique, en utilisant des silhouettes photographiques obtenues en introduisant dans ce champ des gaz plus réfringents que l'air.

En particulier, quand un révélateur réfringent est émis sans vitesse appréciable en un point situé à deux ou trois diamètres de distance derrière un cylindre immobile, on constate qu'il se répand dans toute la zone tourbillonnante qui constitue le sillage de ce corps. L'étude des aérogrammes correspondants donne alors de précieux renseignements sur les mouvements de l'air dans cette région troublée.

Ce révélateur est presque totalement ramené vers le cylindre dont il suit ensuite la paroi postérieure, jusqu'aux génératrices symétriquement situées qui servent d'appui à la surface de séparation du sillage et de la région où l'air s'écoule régulièrement. Là les deux nappes gazeuses qui s'échappent de part et d'autre du cylindre, *comme si elles s'en décollaient*, produisent un phénomène d'aspiration qui entraîne continuellement l'air que les remous y apportent.

Pour élucider le mécanisme suivant lequel les filets gazeux, qui contournent d'abord régulièrement la surface antérieure du cylindre, s'en détachent à un certain moment en donnant naissance au sillage, il y a évidemment intérêt à étudier les conditions qui influent sur la position de ces points de *décollement*.

Il semble d'abord possible de maintenir plus longtemps le contact de la nappe régulière avec le cylindre, en gênant par des obstacles le retour de l'air vers la génératrice où la séparation tend à se produire. Dans cette voie, l'emploi d'un barrage constitué par une lame de papier de très faible hauteur ($\frac{1}{50}$ de diamètre), collée sur le cylindre et inclinée dans le sens du vent, ne m'a donné que des effets insignifiants. Le plus grand recul du

---

(1) *Comptes rendus*, 151, 1911, p. 867, et 153, 1911, p. 1147 et 1472.

(2) *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 318 et 694.

point de décollement s'obtient avec ce dispositif lorsque l'extrémité du barrage affleure la nappe qui se détache du cylindre. Des tourbillons séparés s'établissent alors à l'intérieur du petit espace prismatique, limité par la surface du cylindre, la nappe et le barrage. De meilleurs résultats (trois à quatre degrés de déplacement) ont été obtenus en recouvrant la région où se produit ce phénomène avec du velours à poils courts et inclinés; mais tous les procédés statiques, auxquels j'ai eu recours, n'empêchent pas l'apparition de tourbillons qui, si réduits qu'ils soient en étendue, suffisent cependant pour amorcer le sillage.

Le seul moyen efficace d'empêcher l'air de revenir jusqu'aux points où la rupture initiale tend à se produire, consiste à faire glisser en sens opposé la surface du cylindre sur elle-même. Il est clair qu'en faisant tourner ce corps, on réalise cette condition du côté où la vitesse périphérique a même sens que le vent, tandis que l'inverse a lieu du côté opposé. Les points de raccordement du sillage doivent donc se déplacer dans le sens même de la rotation.

C'est effectivement ce que donne l'expérience et ces points qui éprouvent, au début, des déplacements angulaires à peu près égaux sont déjà décalés d'une dizaine de degrés, pour une vitesse périphérique u à peine égale aux $\frac{4}{10}$ de la vitesse V du vent.

Au delà le point, situé dans la région qui s'avance contre le vent, se déplace moins vite et reste toujours à plus de 45° de la génératrice antérieure.

L'inverse a lieu du côté entraîné dans le sens du vent; le point de décollement correspondant s'écarte rapidement de cette génératrice et s'en trouve séparé par un arc d'environ 135° lorsque $u = 1,5$ V.

En même temps que se produisent ces déplacements, le sillage qui, dans le cas d'un cylindre immobile, s'épanouit en forme de parabole, se trouve rejeté latéralement et rétréci par la rotation, de sorte qu'il devient nécessaire, pour le mettre en évidence, de rapprocher notablement les organes d'où se dégage le révélateur réfringent. A partir de $u = 2$ V, il devient même impossible de constater le rappel de ce fluide vers la surface cylindrique.

A mesure que le sillage disparaît, l'écoulement de l'air se modifie et les lignes de courant prennent une allure voisine de celle qu'indiquent les théories simplifiées du phénomène de Magnus, établies en négligeant les discontinuités et le frottement. C'est à cette coïncidence que doit être attribuée la concordance relativement satisfaisante des résultats expérimentaux

avec ceux que l'on déduit de calculs fondés sur des hypothèses manifestement erronées.

Enfin, dans la région où u a même direction que V, la nappe qui limite le sillage rencontre le cylindre, sous un angle qui augmente avec u, et part d'une valeur voisine de zéro, pour dépasser une vingtaine de degrés dès que la vitesse périphérique est voisine de celle du vent.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'étincelle du néon.* Note de MM. **Léon Bloch**, **Eugène Bloch** et **Georges Déjardin**, présentée par M. M. Brillouin.

Nous avons fait voir récemment [1] que les spectres *bleus* de l'argon, du crypton et du xénon sont des mélanges de trois spectres d'étincelle d'ordres successifs, que nous avons isolés par une méthode appropriée.

L'application de la même méthode nous a permis de caractériser avec certitude le spectre d'étincelle du premier ordre du néon [2]. Ce spectre, reconnu partiellement par Merton [3], paraît compris en totalité entre 4900 et 2700 A. Malgré l'intensité des décharges mises en jeu, aucune raie d'ordre supérieur n'a été trouvée jusqu'ici.

La liste suivante donne les longueurs d'onde des raies d'étincelles du néon, mesurées en unités internationales. Les mesures sont exactes en général à $0^A,05$ près, l'erreur pouvant atteindre pour quelques raies $0^A,10$ et même un peu plus pour les raies du début données avec une seule décimale.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
1	4922,3	1 d.	4699,6	1	4612,78	1	4561,9
0	07,4	0	75,7	1	06,77	3	53,21
1	4869,8	1	49,01	2	00,16	0	44,1
1	49,3	0	47,4	0	95,7	2	35,35
1	4795,3	1	41,5	0	90,9	1	34,55
1	73,1	0	38,5	3	88,11	4	22,65
1	69,0	2	34,71	2	80,36	2	17,79
2	32,3	3	27,93	1	74,40	2	17,29
1	29,8	1	24,1	4	69,02	1	14,83
1	18,8	3	16,04	0	65,3	4	11,37

(1) *Ann. de Phys.*, 10e série, 2, 1924, p. 462.

(2) M. A. Lepape a bien voulu purifier avec le plus grand soin l'échantillon de gaz utilisé.

(3) *Proc. Roy. Soc.*, 89, 1913, p. 447.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
2	4508,07	0	4319,56	1	3806,32	2	3565,82
4	4498,95	0	17,10	4	3799,99	3	61,21
1	96,13	0	4298,00	0	91,05	3	57,86
1	75,34	1	96,96	8	77,14	0	46,00
2	71,55	5	90,40	8	66,28	6	42,89
3	68,86	2	67,16?	0	61,14	0	37,98
4	57,04	0	62,51	3	53,79	3	03,58
0	56,42	3	57,82	4	51,25	5	3481,97
1	52,56	1	57,25	2	44,66	0	80,75
2	46,43	4	50,68	6	34,94	0	79,54
2	42,64	0	44,17	0	32,35	2	77,66
1	39,95	1	42,19	0	29,75	2	59,38
3	39,30	3	40,10	9	27,09	3	56,62
0	36,88?	3	33,84	2	21,87	1	54.83
1	32,26	5	31,61	1	18,30	1	53,05
1	31,67	0	25,66	0	15,68	0	43,73
4	30,91	2	24,57	0 d.	14,84	0	41,99
2	29,59	2	20,89	10	13,07	0	40,79
5	28,56	7	19,74	7	09,66	1	38,97
3	21,38	3	17,15	1	07,99	3	28,71
2	16,77	1	06,43	0	04,53	2	16,97
0	14,83	0	05,60	3	01,79	1	14,83
4	13,16	4	4150,65	1	3699,41	1	13,11
2	12,54	3	33,65	0	97,17	0	11,34?
6	09,31	0	19,18	0	96,80	3	06,88
0	4399,95	1	18,11	10	94,19	2	04,77
5	97,94	1	12,29	0	91,72	0	3397,84?
1	96,32	1	90,27	1	89,13	5	92,81
7	91,94	3	4098,76	1	79,79	0	90,56
2	84,98	0	88,24	0	69,19	5	88,47
1	84,08	1	86,69	8	64,05	0	86,20
5	79,47	2	80,44	1	59,91	0	79,34
2	77,95	1	75,74	0	59,04	5	78,28
3	69,79	0	72,05	3	44,87	1	77,19
2	65,72	2	62,89	5	43,90	2	74,08
0	51,24	1	3999,41	1	32,74	2	71,80
1 d.	49,19	0	73,18	3	28,09	5	67,25
1	46,12	3	42,19	2	12,35	1	62,90
0	45,52	1	20,63	2	3594,15	0	62,15
2	41,42	0	18,91	0	90,47	6	60,63
2	39,76	1	3840,48	5	74,65	2	57,89
2	25,15	7	29,75	0	74,23	8	55,09
1	22,66	0	23,19	3	71,24	1	45,88
2	22,26	5	18,41	6	68,47	3	45,49

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
5	3344,44	4	3230,13	3	3093,99	0	3004,17
1	37,90	2	29,58	1	92,91	4	01,72
10	34,89	3	24,84	2	88,16	0	2973,03
0	31,72	0	21,06	0 d.	81,45	2	67,20
0	30,80	7	18,22	0	76,35	1	63,09
4	29,18	4	14,33	0	75,73	5	55,77
6	27,22	3	13,77	0	72,68	0	33,71
7	23,79	2	09,39	0	71,48	1	25,66
1	20,28	0	08,97	1	70,99	0	16,22
2	19,76	4	3198,58	0	63,36	2	10,44
0	14,62	3	94,58	1	62,58	2	10,11
3	11,32	1	90,86	2	59,15	1	06,85
2	09,78	2	88,73	3 d. v.	54,70	0	2897,03
0	00,72	1	87,61	4	47,60	0	88,39
6	3297,74	1	76,14	3	45,56	2 d.	76,41
1	75,15	1	73,58	1	44,10	1	72,96
1	70,79	2	65,68	3	39,62	0	69,93
2	69,84	2 d. r.	64,42	3	37,75	0	58,02
1	63,40	0	54,80	0	37,06	3	09,51
0	55,38	1	51,12	2	35,95	2	2794,22
0	50,34	1	43,70	5	34,49	3	92,04
1 d. r.	48,16	1	41,38	2	30,82	1	80,05
4	44,15	0	35,79	4	28,90	0	70,63
1	43,42	1	32,20	3	27,07	2	62,97
3	32,38	3	18,00	2	17,36	2	56,68
0	31,97 ?	2	3097,15	8	07,82		

PHYSIQUE. — *Résultantes des pressions de radiation sur les parois d'une cavité quelconque.* Note de M. CHARRON, transmise par M. Branly.

1. Rappelons d'abord les principales lois de la pression de radiation. Lorsqu'un faisceau de rayons parallèles ayant pour énergie u par unité de volume, rencontre une surface noire sous l'incidence i, il exerce sur elle une force dirigée dans le prolongement du faisceau et ayant pour intensité $F' = u$ par unité de section droite du faisceau et par conséquent $F = u \cos i$ par unité de surface noire pressée. On peut décomposer cette dernière force en une composante normale $N = u \cos^2 i$ et une composante tangentielle $T = \frac{u}{2} \sin 2i$.

Sur un réflecteur parfait, la pression normale est double et la force tangentielle est nulle. Enfin, dans le cas général d'une surface de pouvoir

réflecteur r (quotient entre les énergies réfléchie et incidente), les forces sont les mêmes que si la fraction r du faisceau rencontrait un réflecteur parfait, et le reste, un corps parfaitement noir, en sorte que

$$N = u(1+r)\cos^2 i, \qquad T = u(1-r)\frac{\sin 2i}{2}.$$

Les forces sont les mêmes si les déviations du faisceau sont produites par réfraction. Enfin, lorsqu'une surface émet des radiations, elle subit la même pression que si ces radiations arrivaient en sens inverse sur la surface et étaient absorbées.

Établissons le théorème suivant : Lorsqu'un faisceau incident SI_1 est réfléchi en I_1 suivant I_1R par une surface A de pouvoir réflecteur r quelconque, en produisant une force f_1, puis est absorbé ensuite par une surface noire N sur laquelle il exerce la force φ, la résultante de f_1 et φ est égale à la force f que produirait le faisceau incident en I_1 si la surface A était noire.

En effet, soit ds la section droite, infiniment petite, du faisceau incident. Les forces $\varphi = u\,ds$ et f_1 de composantes $n_1 = \frac{N\,ds}{\cos i}$ et $t_1 = \frac{T\,ds}{\cos i}$ sont dans le plan d'incidence; leur résultante est évidemment appliquée en I_1 et a pour projections sur la direction SI_1 et sur la direction normale, dans le plan d'incidence :

$$a = n_1\cos i + t_1 \sin i - \varphi\cos 2i;$$
$$b = - n_1 \sin i + t_1\cos i + \varphi \sin 2i.$$

En exprimant p_1, t_1 et φ au moyen des formules rappelées ci-dessus, on trouve $a = u\,ds$ et $b = 0$, ce qui démontre la proposition. On ne change donc pas la résultante des forces f_1 et φ en absorbant le faisceau en I_1 par la première surface qu'il rencontre.

Il est facile de généraliser ce théorème et de montrer que, lorsqu'un faisceau incident SI_1 subit, à l'intérieur d'une cavité, un nombre quelconque de réflexions partielles en I_1, I_2, I_3, puis est absorbé par une surface noire N, la résultante des forces f_1, f_2, f_3 et φ qu'il exerce en I_1, I_2, I_3 et N est égale à la force f que produirait le faisceau en I_1 sur une surface noire.

En effet, on ne change pas la résultante générale des forces en absorbant le faisceau en I_3 au lieu de N. Pour la même raison, on peut l'absorber en I_2, puis en I_1.

On déduit aisément de ce théorème que :

α. Lorsqu'un faisceau pénétrant dans une cavité y subit des réflexions

qui finissent par l'absorber complètement, la résultante des forces qu'il exerce sur les parois est égale à la force qu'il aurait produite sur une surface noire.

β. Lorsque le faisceau n'est pas complètement absorbé et qu'une partie s'échappe par l'ouverture O, la résultante des forces exercées sur les parois est égale à la force que produirait le faisceau sur une surface noire composée avec la force due à l'émission par O des radiations émergentes.

En résumé, la cavité subit, dans tous les cas, la même force résultante que si l'ouverture était remplacée par une surface renvoyant, dans la même direction, la même fraction d'énergie.

RADIOGRAPHIE. — *La microradiographie stéréoscopique en relief et en pseudo-relief : la stéréomicroradiographie.* Note [1] de M. Pierre Goby, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un dispositif spécial, basé sur une méthode nouvelle qui, remédiant à une lacune de l'appareil que j'avais présenté autrefois [2], permet d'obtenir des microradiographies en relief et en pseudo-relief, d'où le nom de *stéréomicroradiographie*.

Ce dispositif est en réalité (voir la figure) une petite bascule stéréoscopique qui peut fournir avec la plus grande facilité deux petites images microscopiques sur un même cliché, sous deux incidences différentes qu'il est nécessaire de modifier suivant l'épaisseur de l'objet et la distance du foyer anticathodique à la plaque sensibilisée.

Ce dispositif de précision, qui s'adapte à la base de mon appareil à microradiographier, se compose essentiellement d'un disque en métal A, construit de manière à pouvoir pivoter sur son axe $a_1 a_2$, de façon que le petit objet h puisse se présenter devant le rayon normal d'incidence (faisceau homogène du tube Röntgen à très petit focus), sous deux angles égaux et symétriquement opposés.

Le petit objet microscopique h est posé directement en contact sur un ruban ff_1 de collodion pur non émulsionné servant uniquement de sup-

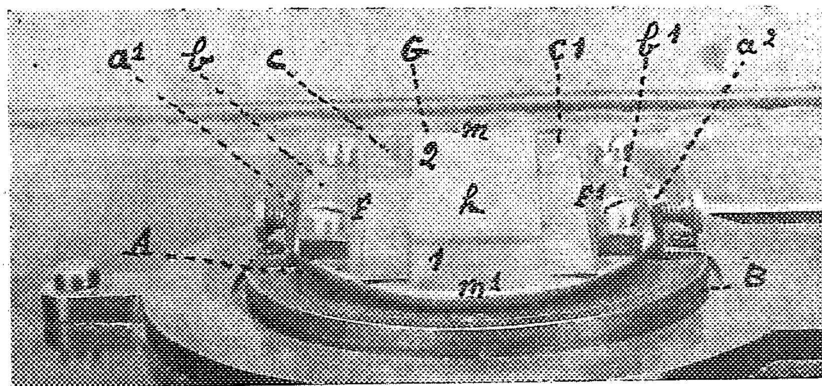
---

(1) Séance du 23 février 1925.

(2) Pierre Goby, *Une application nouvelle des rayons X, la microradiographie* (*Comptes rendus*, 156, 1913, p. 686).

port à ce petit objet h. Ce ruban de collodion $f f_1$ extrêmement mince, de $\frac{12}{80}$ de millimètre d'épaisseur, est tendu dans la longueur de l'axe $a_1 a_2$, par deux presses b, b_1.

Deux supports c, c_1, solidaires du disque basculant A, parallèles aux



Dispositif spécial pour stéréomicroradiographie.

deux presses b, b_1, servent à maintenir, dans une planimétrie parfaite, le ruban de collodion f, f_1, qui est lui-même, grâce à sa tension, mis en contact direct sur la couche sensibilisée d'une petite plaque rectangulaire g, que l'on fait glisser par-dessous. Ces deux supports c, c_1 permettent en même temps à la petite plaque sensible g de coulisser librement de m à m_1, de manière à permettre de pouvoir impressionner successivement les deux portions 1 et 2 de cette petite plaque g, et pouvoir ainsi réaliser le couple stéréoscopique.

Il est important de rappeler ici que le tube axial en métal d, qui peut coulisser dans une douille à glissière c_1 de mon appareil à microradiographier [1], et qui sert en même temps à éliminer les rayons secondaires et parasites et à transmettre les rayons actifs, localise ces rayons actifs seulement sur une moitié de plaque g, ce qui permet d'impressionner séparément et successivement ces deux portions de plaque 1 et 2.

Pour obtenir un *stéréomicroradiotype* on s'assure, avant tout, que le disque basculant A se trouve bien dans la position horizontale et que l'appareil à microradiographier est réglé une fois pour toutes par les moyens connus.

On place alors à la lumière inactinique du laboratoire, sous le ruban

---

(1) Voir la figure 1 de ma Communication déjà citée.

de collodion ff_1, une portion seulement de la petite plaque sensible rectangulaire g, qui peut glisser à volonté de m à m_1, puis on pose au centre de cette première portion de plaque rectangulaire g, le petit objet h, en contact direct sur la couche sensibilisée de cette petite plaque.

On donne ensuite à cette bascule stéréoscopique une inclinaison déterminée d'autant plus grande que l'objet sera plus petit (voir la figure).

La chambre noire cylindrique de l'appareil à microradiographier est ensuite rabattue sur la rainure circulaire de son socle B, puis on met le tube en activité, pendant une durée de temps nécessaire, qui sera variable selon la qualité des rayons utilisés et le degré de transparence du petit objet h. Cette opération terminée, on relève la chambre noire, puis on fait glisser sous le ruban de collodion ff_1 la deuxième portion non encore impressionnée de la plaque g, et l'on donne ensuite à la bascule stéréoscopique A une inclinaison égale et symétriquement opposée à la première. On relève alors la chambre noire et la plaque est mise au développement.

Après développement de cette plaque rectangulaire g, on aura obtenu un couple *stéréomicroradiographique* qui pourra subir de très fortes amplifications tirées, lesquelles, par une combinaison très simple d'épreuves, sur verre ou sur papier, examinées dans un stéréoscope quelconque, donnent la sensation véritable du relief et de l'emplacement réel de chaque détail. On aura mieux encore si l'on examine le *stéréomicroradiotype* dans un microscope binoculaire approprié.

La microradiographie combinée avec la stéréoscopie complètera l'étude interne de ces organismes en permettant de suivre, dans leur ordre naturel et leurs connexions, tous leurs plans différents, cela rapidement, en ne sacrifiant aucune pièce.

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence de l'acidité sur la polarisation galvanique du nickel.* Note de M. **Stefan Triandafil**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Par suite de la position du nickel par rapport à l'hydrogène dans la série des potentiels électrochimiques (le nickel étant 0,228 fois plus électronégatif que l'hydrogène), sa séparation cathodique dans les conditions ordinaires d'électrolyse, est presque toujours accompagnée de celle de l'hydrogène. Il est donc intéressant de connaître quelle est l'influence de l'hydrogène sur la polarisation galvanique du nickel.

Nous avons étudié la variation de la polarisation totale p du voltamètre réversible au nickel en fonction du rapport $\frac{[H^{\cdot}]}{[Ni^{\cdot\cdot}]}$ ou plus simplement en fonction de la concentration en ions H ou P_H, la concentration en ions Ni étant maintenue constante. Le sel le plus indiqué pour cette étude est le chlorure, les sels oxygénés donnant des réactions anodiques qui compliqueraient le phénomène.

Conditions expérimentales. — Les mesures ont été faites en solution normale de chlorure de nickel aux températures centigrades : 0°, 25°, 50°, 75° et 100° pour des P_H variant de 0 à 7 et pour une densité de courant de 1,50 amp/dm², qui correspond au *régime permanent d'électrolyse* sur toute l'échelle de températures de 0° à 100°. Pour la comparaison, nous avons également mesuré la *polarisation limite maxima* à 25° et 75°. La méthode de mesure et les autres conditions expérimentales sont exactement les mêmes que celles décrites dans un travail antérieur. Les P_H étaient déterminés par la méthode des indicateurs avec solutions tampons.

Résultats. — Le Tableau ci-dessous montre que :

1° Pour un P_H donné la polarisation diminue lorsque la température s'élève;

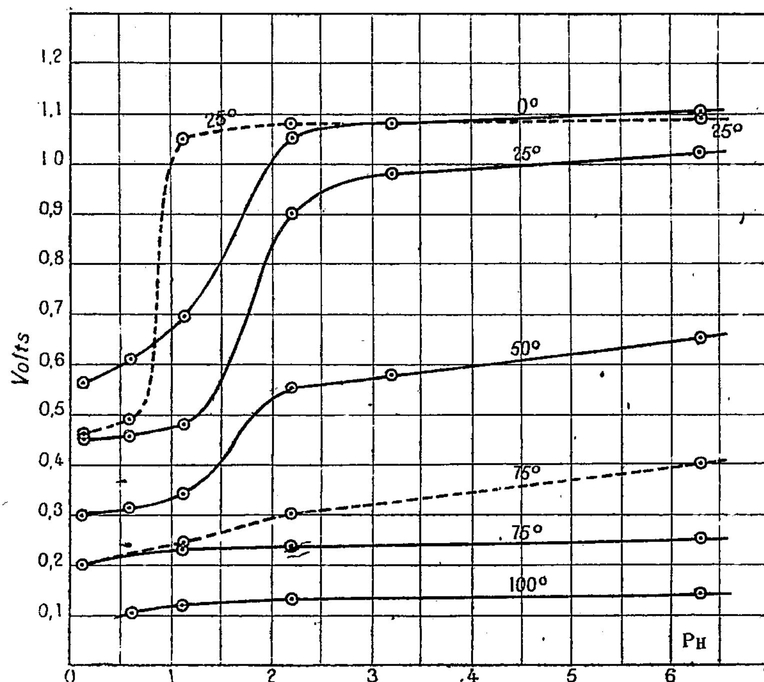
2° A température constante, la polarisation diminue lorsque le P_H diminue (acidité croissante).

t°......	0°.		25°.		50°.		75°.		100°.
	p	$\frac{dp}{dt}$	p	$\frac{dp}{dt}$	p	$\frac{dp}{dt}$	p	$\frac{dp}{dt}$	p
PH.	volts.	volts.	volts.	volts.	volts.	volts.	volts.	volts.	volts.
6,3....	1,107	0,003	1,020	0,014	0,652	0,015	0,257	0,004	0,149
3,2....	1,087	0,004	0,983	0,016	0,584	0,013	0,251	»	»
2,2....	1,050	0,005	0,907	0,014	0,552	0,012	0,247	0,004	0,135
1,1....	0,691	0,008	0,482	0,005	0,344	0,004	0,232	0,004	0,121
0,58...	0,614	0,006	0,469	0,006	0,315	»	»	»	0,108
0,12...	0,560	0,004	0,456	0,006	0,303	0,004	0,199	»	»

Sur le graphique, on voit que les courbes à 0°, 25° et 50° présentent un point d'inflexion qui correspond approximativement à la même valeur $\frac{[H^{\cdot}]}{[Ni^{\cdot\cdot}]} = 0,29$; à 75° et 100° les deux courbes sont presque des droites et le coefficient de température $\frac{dp}{dt}$ est constant dans tout l'intervalle de P_H de 0 à 7. Les courbes de polarisation limite maxima à 25° et 75°

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1973.

ont les mêmes allures que les courbes de polarisation pour la densité de courant 1,50 amp/dm² aux mêmes températures. Le coefficient $\frac{dp}{dt}$ varie dans des grandes limites dans l'intervalle de $P_H = 7$ à $P_H = 1$ et est à peu près constant entre $P_H = 1$ et $P_H = 0$.



Influence de l'acidité (P_H) sur la polarisation totale du voltamètre réversible au nickel.
Courbes pointillées : polar. limite maxima ; courbes traits pleins : pour Sc = 1,50 amp/dm².

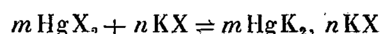
Il résulte que les deux facteurs, acidité et température, agissent dans le même sens sur la polarisation galvanique du nickel : un accroissement de l'acidité ou une élévation de température abaissent la polarisation. Si l'on considère les deux effets simultanément, on remarque d'après les valeurs du coefficient $\frac{dp}{dt}$ la prédominance de l'effet de la température dans tout l'intervalle de P_H de 0 à 7. En particulier à 75° et 100° l'influence de l'acidité est presque négligeable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les solutions aqueuses et acétoniques des bromo et iodomercurates de potassium.* Note de M. **Tourneux** et M[lle] **Pernot**, présentée par M. G. Urbain.

L'existence en solution de bromures et d'iodures doubles $m\text{Hg}X_2$, $n\text{KX}$ $\left(\frac{m}{n} > 1\right)$, plus riches en sel mercurique que les bromures et les iodures actuellement connus : $\text{Hg}X_2$, 2KX et $\text{Hg}X_2$, KX, peut être décelée par une méthode décrite par M. Tourneux (¹).

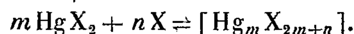
On mesure les accroissements de solubilité ΔS de l'halogénure mercurique, déterminés par la dissolution d'une petite quantité d'halogénure alcalin dans une solution saturée de sel mercurique, en présence d'un excès de ce sel solide.

Il semble bien que la variation de la solubilité ΔS du sel mercurique ne puisse être attribuée qu'à la formation de complexes solubles suivant la réaction



$$m\,\text{Hg}X_2 + n\,\text{KX} \rightleftharpoons m\,\text{Hg}K_2,\ n\,\text{KX}$$

ou en mettant en évidence l'ion complexe



$$m\,\text{Hg}X_2 + n\,X \rightleftharpoons [\text{Hg}_m X_{2m+n}].$$

En effet les halogénures mercuriques ne sont pas dissociés électrolytiquement (la variation de solubilité n'est donc pas expliquable par une rétrogradation de dissociation déterminée par une addition d'ions X_-) et pour de faibles concentrations C_{KX} en sel de potassium, on peut admettre que la solubilité de $\text{Hg}X_2$ libre demeure constante et par conséquent égale à la solubilité S du sel mercurique dans le solvant pur.

Cette interprétation de l'accroissement de solubilité du sel mercurique entraîne les conséquences suivantes :

a. Si plusieurs complexes se forment simultanément, le rapport $\frac{\Delta S}{C_{KX}}$ (ΔS et C_{KX} exprimés en molécules-grammes), est plus petit que le rapport $\frac{m}{n}$ qui caractérise le complexe le plus riche en $\text{Hg}X_2$.

b. Ce rapport $\frac{\Delta S}{C_{KX}}$ ne peut devenir égal à $\frac{m}{n}$ que dans le cas particulier où

(¹) Tourneux, *Ann. Ch. Ph.*, 9ᵉ série, 11, 1919, p. 334.

le complexe le plus riche en HgX_2 existe seul et n'est particulièrement pas dissocié.

c. Il existe donc au moins un complexe caractérisé par une valeur de $\frac{m}{n}$ égale ou supérieure à la plus grande valeur trouvée de $\frac{\Delta S}{C_{KX}}$.

d. Pour que $\frac{\Delta S}{C_{KX}}$ soit le plus grand possible, il faut que l'halogénure de potassium soit à peu près insoluble dans le solvant et que le sel mercurique et le complexe y soient au contraire assez solubles. Dans ces conditions seulement, on peut en effet affirmer que la concentration du sel de potassium libre est très faible et que par conséquent le sel de potassium dissous est presque entièrement combiné.

Nous avons employé successivement comme solvants, l'eau et l'acétone à diverses températures. L'eau dissout facilement le bromure et l'iodure de potassium et très peu le bromure et surtout l'iodure mercurique. Le bromure et l'iodure mercuriques sont au contraire assez solubles dans l'acétone, tandis que le bromure et l'iodure de potassium y sont presque insolubles.

On devrait donc s'attendre à trouver les plus grandes valeurs de $\frac{\Delta S}{C_{KX}}$ en employant l'acétone comme solvant.

L'expérience a confirmé cette prévision.

Les résultats des mesures sont résumés dans les tableaux suivants :

$t°$.	$S_{HgX_2} \pm e_s$.	C_{KX} (limites) $\pm e_c$.	$\frac{C_{KX}}{\Delta S} \pm e_r$.
	Solutions aqueuses de bromures.		
33°,5	0,0190	0,0275 à 0,1310	0,75
55,5	0,0406	0,0273 » 0,1225	0,80
78	0,0702	0,0260 » 0,1294	1,00
96,5	0,1199	0,0271 » 0,0764	1,20
	Solutions acétoniques de bromures.		
33,5	1,2631	0,0117 à 0,0322	1,77
	Solutions aqueuses d'iodures.		
33,5	0,000	0,0767 à 0,3192	0,50
78,0	0,000	0,0408 » 0,2581	0,55
	Solutions acétoniques d'iodures.		
33,5	0,0584	0,0096 à 0,0513	1,45
55,5	0,0831	0,0164 » 0,0347	2,53

t^{o} : température (en degrés centigrades).

S_{HgX_2} et C_{KX} : concentration en molécules-grammes HgX_2 ou KX par litre de solution.

$\frac{\Delta S}{C_{KX}}$: moyenne de 4 à 6 déterminations, pour des valeurs de C_{KX} comprises entre les limites indiquées,

$$e_s < \frac{S}{200}; \qquad e_e < \frac{C}{100}; \qquad e_r < \frac{1}{50}\left(\frac{\Delta S}{C_{KX}}\right).$$

Des relations analogues entre ΔS et C_{KX} ont été trouvées avec le chlorure mercurique et le chlorure de potassium en solution aqueuse ou alcoolique [1].

Du point de vue exposé précédemment :

La plus grande valeur 1,8 du rapport $\frac{\Delta S}{C_{KBr}}$ indique l'existence d'un complexe renfermant au moins $2HgBr^2$ pour 1KBr.

La plus grande valeur 2,5 de $\frac{\Delta S}{C_{KI}}$ indique l'existence d'un complexe renfermant au moins 2,5 HgI_2 pour 1KI.

PHYSICO-CHIMIE. — *Remarques sur les variations du pouvoir rotatoire de l'acide tartrique en fonction du* P_H. Note [2] de MM. **Fred Vlès** et **Edmond Vellinger**, présentée par M. J. Perrin.

Le pouvoir rotatoire de divers corps ne paraît pas indifférent à la réaction du milieu. On sait que [3] l'addition de NaOH à l'acide tartrique modifie le pouvoir rotatoire (Mallemann); la rotation de l'acide malique varie avec le P_H (Darmois), celle de la nicotine également (Mlle Liquier); nous avons montré nous-mêmes dans une Note récente que la rotation de la gélatine change d'une façon compliquée en fonction du P_H. La nécessité d'interpréter ce dernier phénomène nous a conduits à examiner systématiquement la variation du pouvoir rotatoire d'un acide organique en fonction du P_H : nous avons repris l'étude de l'acide tartrique.

1. *Préparation.* — De l'acide *d*-tartrique (pur Poulenc) est soumis à deux recristallisations ; trois séries de solutions sont préparées $\left(\frac{M}{2}, \frac{M}{4}, \frac{M}{10}\right)$ et examinées à des P_H déterminés par addition à HCl ou de NaOH. Les P_H

---

(1) Tourneux, *loc. cit.*

(2) Séance du 2 mars 1925.

(3) De Mallemann, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 474 ; Darmois, *Journ. de Physique*, 5, série VI, 1924, p. 227 ; Mlle Liquier, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 269 ; Vlès et Vellinger, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 439.

sont mesurés potentiométriquement à l'électrode à H contre pile au calomel saturée. Les mesures polarimétriques sont effectuées sur λ Hg $577\text{-}579^{m\mu}$, en tubes de 20^{cm}, chaque valeur étant la moyenne de 10 lectures; observations croisées de deux expérimentateurs; températures 19°. Le pouvoir rotatoire est exprimé par $[\alpha] = \frac{\alpha}{cl}$; α étant l'angle lu en degrés, c la concentration en molécules-grammes par litre, l la longueur du tube en centimètres.

2. Dans ces conditions le pouvoir rotatoire subit en fonction du P_H une variation caractéristique, à pente rapide entre P_H 2 et P_H 5, laquelle encadre les constantes de dissociation. Au delà de P_H 5 et jusqu'à P_H 13 le pouvoir rotatoire est sensiblement constant; puis il présente une baisse à la toute extrémité de la courbe, vers P_H 14. Au-dessous de P_H 2 on retrouve une constance approximative, avec une légère chute au P_H extrême (P_H 0).

3. *Relation avec la dissociation.* — L'allure de la courbe, qui est analogue d'aspect à une courbe de neutralisation (comme la courbe de l'acide malique de Darmois), et surtout l'encadrement des constantes, incitent à rechercher des relations quantitatives avec la dissociation. Effectivement, si l'on calcule la rotation de l'acide comme la somme, pour chaque P_H, des rotations de ses deux ions et de son résidu de dissociation, on trouve une représentation suffisante des faits.

Si l'on utilise les formules classiques relatives aux équilibres de dissociation des acides bibasiques ([1]), on a en effet :

$$\underbrace{[\alpha]}_{\substack{\text{Pouvoir}\\ \text{rotatoire}\\ \text{total.}}} = \underbrace{\frac{[\alpha_1]}{1+\frac{K_1}{H}+\frac{K_1K_2}{H^2}}}_{\substack{\text{Résidu}\\ \text{de dissociation.}}} + \underbrace{\frac{[\alpha_2]}{1+\frac{H}{K_1}+\frac{K_2}{H}}}_{\text{Ion monovalent.}} + \underbrace{\frac{[\alpha_3]}{1+\frac{H}{K_2}+\frac{H^2}{K_1K_2}}}_{\text{Ion divalent.}}.$$

Les valeurs calculées au moyen de cette formule, en prenant comme constantes $[\alpha_1] = 0{,}200$, $[\alpha_3] = 0{,}611$, $[\alpha_2] = 0{,}59$ (obtenu par tâtonnement), $K_1 = 10^{-3,0}$, $K_2 = 10^{-4,35}$ [valeurs moyennes tirées de Scudder ([2])], cadrent avec la courbe expérimentale dans une approximation suffisante entre P_H 1 et P_H 13 (voir la figure p. 744); il n'est pas rendu compte des deux inflexions extrêmes, qui paraissent relever de phénomènes supplémentaires,

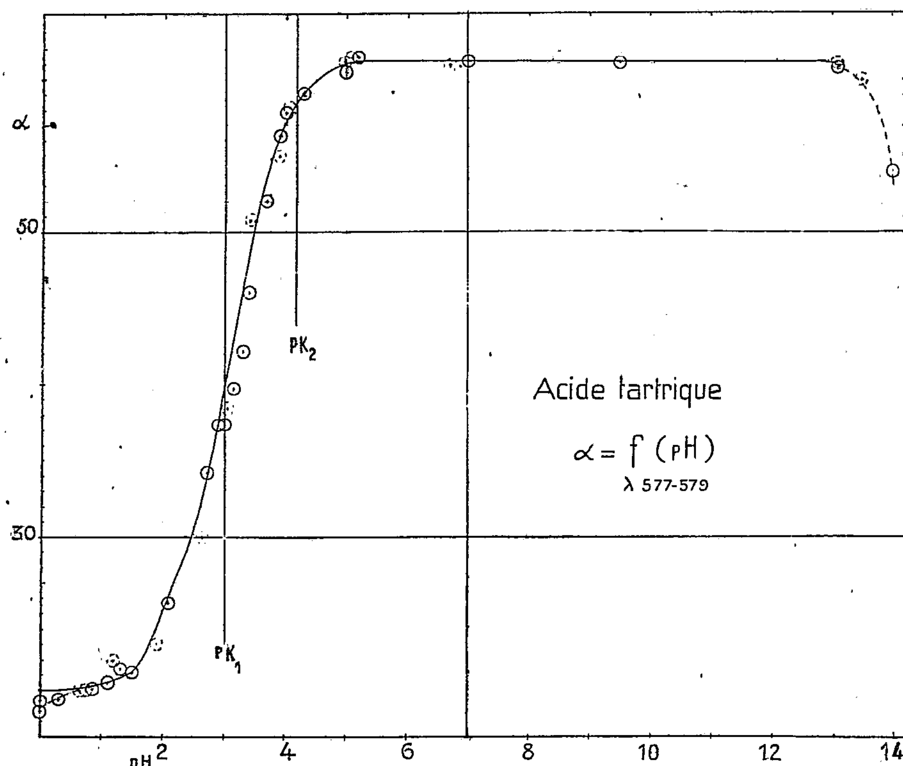
---

(1) Voir par exemple MICHAELIS, *Wasserstoffionenkonzentration*, 1914, p. 30.

(2) SCUDDER, H., *Ionisation constants*, New-York, van Nostrand, 1914, p. 284.

peut-être commandés par la forte concentration de HCl et de NaOH nécessaires pour atteindre ces P_H.

4. La molécule d'acide tartrique indissociée et ses deux ions paraissent donc avoir des rotations différentes. De Mallemann ([1]) avait déjà supposé pour



Pouvoir rotatoire de l'acide tartrique en fonction du P_H (par HCl et NaOH).

——— courbe calculée; ⊙, points expérimentaux, solutions $\frac{M}{2}$; ⊙, points expérimentaux solutions $\frac{M}{4}$ et $\frac{M}{10}$. Les ordonnées sont $\times 10^2$; pK_1 et $pK_2 = -\log K_1$ et $-\log K_2$.

l'ion tartrique une rotation différente de la molécule. Il faut remarquer que c'est la libération de la valence à plus forte constante qui modifie le plus la rotation de la molécule. On peut se demander si la perturbation amenée par la libération d'un ion H^+ met en jeu un mécanisme électronique suffisant pour changer les conditions de rotation du carbone asymétrique voisin; ou bien s'il faut faire appel à un substratum chimique de modifications moléculaires, et admettre par exemple une transformation tautomère du carboxyle

([1]) De Mallemann, *Journal de Physique*, 6e série, 4, 1923, p. 28, note 24.

analogue à celle qu'ont supposée les auteurs (Henri) (1), etc., quand ils ont trouvé des différences entre les spectres ultraviolets des acides organiques et de leurs sels. On doit cependant noter à ce sujet que des bases actives (nicotine) ont également des rotations influencées par le P_H (Liquier) (2).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'entraînement du magnésium par l'oxalate de calcium.* Note de M. **Lemarchand**, présentée par M. Le Chatelier.

L'entraînement du magnésium dans la précipitation de l'oxalate de calcium a fait l'objet d'un très grand nombre d'études. Ce problème a été abordé de façon approfondie, dès 1857, par Frésénius (3). Depuis 1901, T. W. Richards et ses élèves (4); Korte (5), E. Murmann (6), Kallanauer et Preller (7), Canals (8) ont tenté de le résoudre.

Les résultats de ces études ont été faussés par la sursaturation très facile de l'oxalate de magnésium. Ce sel est, en effet, très peu soluble dans l'eau ($0^g,309$ par litre à 16°), mais il se dépose très lentement (9) de ses solutions sursaturées, à la température ordinaire.

J'ai relevé les conditions de 134 expériences antérieurement faites. Dans une seule, l'oxalate de Mg n'était pas en solution sursaturée. Dès lors, on ne

---

(1) V. **Henri**, *Photochimie*, p. 95. Paris, Gauthier-Villars, 1919.

(2) Les faits précédents conduisent à poser un problème : On sait que pour les solutions d'acide tartrique pur le pouvoir rotatoire spécifique varie avec la concentration. Or celle-ci, au moins dans les solutions diluées, commande une variation du P_H; il y avait donc lieu de se demander si les données précédentes ne pouvaient pas être appliquées, et si la double mesure de la rotation et du P_H ne permettrait pas de rendre compte des faits d'une façon suffisante pour l'emploi pratique. La question est à l'étude. Cependant les premiers résultats indiquent que l'hypothèse est admissible au-dessous d'une certaine concentration $\left(\text{de l'ordre de } \frac{M}{2}\right)$.

(3) R. **Frésénius**, *Traité d'Analyse chimique quantitative*, édition française, 1857.

(4) T. W. **Richards**, **Ch. F. Mc Caffrey** et **Harold Bisbee**, *L'occlusion de* MgC^2O^4 *par* CaC^2O^4 (*Proc. Amer. Acad.*, 36, 1901, p. 377-393).

(5) R. F. **Korte**, *Solutions solides* [*J. Chem. Soc.*, 87, (II), 1905, p. 1508-1510].

(6) E. **Murmann**, *Sur la séparation du* Ca *et du* Mg [*Wien. Sitz. Ber. Ak. Wiss.*, **119**, 1910, (2), p. 1179-1189; *Monats. f. Ch.*, 32, 1911, p. 105-115].

(7) **Kallanauer** et **Preller**, *Séparation de* Ca *et* Mg (*Chem. Zeit.*, 38, 1914, p. 249).

(8) **Canals**, *Dosage du* Ca *en présence de* Mg (*Bull. Soc. chim.*, 4e série, **29**, 1921, p. 152).

(9) F. **Kobrausel**, *Propriétés des solutions de* C^2O^4Mg (*Sitz. Ber. der W. Ak.*, 1904, (2), p. 1224-1225).

peut tirer de ces recherches aucune conclusion au sujet de la réalité de l'entraînement du Mg, en solution, par le précipité d'oxalate de Ca, toutes les mesures ayant été faussées par le dépôt de C^2O^4Mg de sa solution sursaturée.

Pour étudier cet entraînement, j'ai donc réalisé la précipitation du Ca, au sein d'une solution non saturée de C^2O^4Mg.

	Précipitation de Ca en présence de Mg.		Précipitation témoin (Ca seul).		
	Exp. I.	Exp. II.	Exp. III.	Exp. IV.	Exp. V.
Ca introduit............	$0^g,2000$ (10^{cm^3} sol.)	identique	identique	$0^g,20$ (10^{cm^3} sol.)	identique
Mg (en MgO)..........	$0^g,0203$ (5^{cm^3} sol.)	»	»	0^g	»
$C^2O^4Am^2.H^2O$..........	$1^g,42$ (50^{cm^3} sol.)	»	»	$1^g,42$ (50^{cm^3} sol.)	»
Eau distillée...........	135^{cm^3}			140^{cm^3}	
Poids de CaO + MgO....	$0^g,2818$	$0^g,2822$	$0^g,2818$	$0^g,2807$	$0^g,2808$

La précipitation était effectuée à l'ébullition et la liqueur refroidie était conservée 24 heures à la température du laboratoire (16° à 20°).

L'entraînement du Mg est égal, en valeur absolue, à 0,0015MgO. La quantité de MgO introduite étant $0^g,0203$, la proportion entraînée est donc 7,4 pour 100.

Une autre série d'opérations faites dans des conditions exactement identiques, mais pour lesquelles le repos après filtration ne fut que d'un quart d'heure, a donné les résultats suivants :

	1re expér.	2e expér.		3e expér.	4e expér
Poids CaO + MgO......	0,2820	0,2820	CaO......	0,2805	0,2800

L'entraînement est, en valeur absolue, de $0^g,0017$MgO, c'est-à-dire exactement le même que dans le premier cas. Le temps de contact du précipité avec la solution n'a donc aucune influence.

Une troisième série d'essais m'a permis d'étudier l'influence d'un excès de NH^4Cl. Les expériences ont été faites comme celles de la première série, sauf addition de $4^g,57$ de NH^4Cl. Voici les résultats obtenus :

	re expér.	2e expér.	3e expér.	4e expér.	5e expér.
Poids CaO + MgO...........	0,2814	0,2819	0,2816	0,2807	0,2802

L'influence de NH^4Cl est donc insignifiante.

Les opérations précédentes ne réalisent pas la concentration maximum possible en Mg. Dans le cas général de l'analyse, la solution contient NH^4Cl, capable de solubiliser une quantité importante de C^2O^4Mg.

L'entraînement pourrait alors devenir plus considérable. Pour le vérifier, j'ai fait les deux séries d'opérations suivantes :

15g de NH^4Cl, 10g $C^2O^4\overline{NH^4}^2$, H^2O, 25cm³ d'une solution de $MgCl^2$ (contenant 0g,8800 MgO) étaient mélangés à 500cm³ d'eau. Le mélange était porté à l'ébullition pendant 4 heures.

Dans la première série d'expériences, la solution obtenue, filtrée immédiatement pour la séparer de C^2O^4Mg précipité, était laissée 8 jours au repos à la température du laboratoire.

Dans la deuxième série, cette solution était laissée au repos, pendant 8 jours, au contact du précipité d'oxalate, à la température du laboratoire et filtrée au bout de ce temps.

Les deux solutions étaient alors traitées de façon identique : des portions de 100cm³ étaient additionnées de 10cm³ de solution $CaCl^2$ (0g,2000 Ca) et 2cm³ (0g,368 NH^3), maintenues 4 heures à l'ébullition à volume constant, filtrées à cette température. Le précipité était lavé jusqu'à élimination des chlorures, séché, calciné entre 1050°-1100° jusqu'à poids constant. Une portion de 100cm³ évaporée à sec en présence de 0g,1 $C^2O^4Am^2.H^2O$, résidu calciné à 1000° donnait la teneur de la solution en MgO :

	1re série.		2e série.
	1er groupe.	2e groupe.	1er groupe.
MgO dans 100cm³ de la solution magnésienne....	0,0566	0,0470	0,0279
Repos 8 jours à la température de............	12° à 18°	3° à 18°	12° à 18°
Repos 8 jours. Conditions.....................	en l'absence du précipité de MgC^2O^4		en présence de MgC^2O^4 précipité
Expérience I CaO + MgO pesés.............	0,2973	0,2889	0,2822
» II »	0,2946	0,2907	0,2823
» III »	//	0,2904	0,2817
» IV »	//	0,2946	//
Moyennes..................................	0,2959	0,2911	0,2821
CaO mise en jeu : 0g,2800, d'où entraînement ..	0,0159	0,0111	0,0021
MgO entraînée pour 100 de MgO en solution...	28	23,6	7,5

Dans les expériences de la première série, la solution obtenue est restée sursaturée, aussi l'entraînement, qui y est provoqué par la précipitation de CaC^2O^4, se complique-t-il sans doute d'un dépôt de C^2O^4Mg. Le rapport d'entraînement prend une valeur 3 à 4 fois celle qu'il a (7,5) lorsque la solution n'est pas sursaturée.

Je conclus donc : *L'entraînement du magnésium par* C^2O^4Ca *est un phénomène réel, mais très petit à cause de la faible solubilité de* C^2O^4Mg *en pré-*

sence de $C^2O^4\overline{NH^4}^2$, *même si l'on ajoute du chlorure d'ammonium. Il ne dépend pas du temps.*

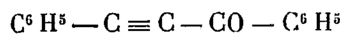
En pratique, on opère, presque toujours, la précipitation du calcium, au sein d'une solution qui sera sursaturée en C^2O^4Mg. *L'entraînement apparent observé est alors la somme de deux phénomènes : 1° l'entraînement proprement dit, peu important* (¹), *indépendant du temps, ne s'accomplit que durant la précipitation ; 2° le dépôt de* C^2O^4Mg *de sa solution sursaturée s'effectue lentement. L'erreur du dosage due à ce dépôt peut être considérable.*

Ces deux faits n'avaient jamais été séparés et c'est là la cause principale des divergences si nombreuses, qui ont toujours été observées dans le dosage du calcium en présence du magnésium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses faites à partir du dérivé sodé et du dérivé magnésien mixte du propine.* Note de M. **Yvon**, présentée par M. Haller.

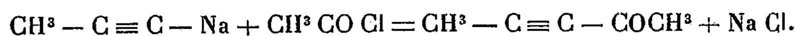
Propine sodé $CH^3 - C \equiv C - Na$. — Ce corps a été préparé en utilisant la méthode générale de MM. Meunier et Desparmets et de M. Bourguel. Un lent courant le propine bien desséché traverse de l'éther tenant en suspension de l'amidure de sodium pulvérisé. On n'arrive pas à absorber complètement la propine et l'on n'a pu dépasser 30 pour 100 de rendement.

Pentinone $CH^3 - C \equiv C - CO - CH^3$. — Mettant à profit une réaction utilisée par Nef, et MM. Moureu et Delange sur d'autres carbures, j'ai fait agir le chlorure d'acétyle sur le propine sodé. La technique est copiée sur celle employée par M. Dufraisse pour préparer la cétone



$$C^6H^5 - C \equiv C - CO - C^6H^5$$

Au propine sodé on ajoute à $-10°$, en une seule fois, un excès de chlorure d'acétyle étendu d'éther; on laisse monter la température en évitant de dépasser 20°. On ajoute finalement de la glace, puis de l'acide chlorhydrique dilué, et l'on rectifie la couche éthérée. Tout s'est passé comme si l'on avait, avec 25 pour 100 de rendement, la réaction



$$CH^3 - C \equiv C - Na + CH^3COCl = CH^3 - C \equiv C - COCH^3 + NaCl.$$

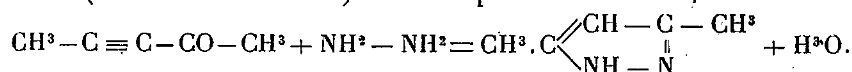
La cétone obtenue, liquide incolore à odeur piquante, bout de 132°,5

(¹) La sursaturation de la solution magnésienne augmente d'une manière assez considérable cet entraînement.

à 133°,5 sous 772mm. $D_{22} = 0,910$; $n_{D22} — 1,141$. La réfraction moléculaire est 23,86 (théorique 23,42).

Hydratation. — *Passage à l'acétylacétone.* — J'ai hydraté la pentinone par action de l'acide sulfurique. On fait tomber goutte à goutte la pentinone dans un excès d'acide sulfurique concentré refroidi. La réaction est violente. On laisse reposer 15 heures, on jette alors le tout dans l'eau, et l'on entraîne à la vapeur. La tête de ce qui distille contient l'acétylacétone que j'ai caractérisé par son dérivé cuivrique.

Diméthylpyrazol. — L'hydrazine réagit sur les cétones acétyléniques avec formation d'hydrazones qui se transforment immédiatement en pyrazols substitués (Moureu et Brachin). Pour la pentinone voici la réaction



$$CH^3-C\equiv C-CO-CH^3 + NH^2-NH^2 = CH^3.C\begin{cases}CH-C-CH^3\\ \quad\quad\ \ \| \\ NH-N\end{cases} + H^2O.$$

On ajoute à un excès d'hydrazine, dilué d'eau, la pentinone. On a un précipité blanc, immédiat, de diméthylpyrazol fondant à 105-105°,5. La valeur admise est 106-107°.

Butinol $CH^3-C\equiv C-CH^2OH$. — On met dans la solution éthérée de $CH^3-C\equiv C-MgBr$, obtenu par action du propine sur le bromure d'éthylmagnésium, un excès de trioxyméthylène en poudre, et l'on attend cinq à six jours. On attaque alors le produit de la réaction par l'acide chlorhydrique dilué, glacé, et l'on rectifie la solution éthérée. On isole finalement le butinol, avec 25 pour 100 de rendement. Il bout à 52-53° sous 14mm, à 141-143° sous 760mm. $D_{21}: 0,958$, $n_{21}: 1,453$. La réfraction moléculaire est 20,20 (théorique 20,19).

L'acétine du butinol, obtenue par action de l'anhydride acétique sur l'alcool, bout à 156-158°. J'ai trouvé comme poids moléculaire, en saponifiant par un excès de baryte et titrant cet excès, 109,5 au lieu de 112. $D_{20}: 0,995$, $n_{D20}: 1,434$.

Éther oxyde méthylique $CH^3-C\equiv C-CH^2OCH^3$. — On l'a par action de l'éther chlorométhylique CH^3-O-CH^2Cl en excès sur le propine bromomagnésien. On rectifie la solution éthérée après avoir traité les produits de la réaction par l'acide chlorhydrique dilué. On isole l'éther acétylénique, bouillant à 100-101° sous 760mm. $D_{21}: 0,854$, $n_{21}: 1,423$. Réfraction moléculaire : 25,10 (théorique 24,93). L'analyse a donné sur 0g,2091, 9,3 pour 100 d'H et 69,9 pour 100 de C au lieu de 9,5 et de 71,4. Cet éther avait été également obtenu par M. Bourguel par une autre méthode (1).

(1) BOURGUEL, *Thèse*, Faculté des Sciences de Paris, 1925, p. 90.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le chlorazoture de phosphore.* Note (¹) de M. **H. Rosset**, présentée par M. A. Haller.

Stokes, Hoffmann, Couldridge, Besson et Rosset (²) ont défini l'action des atomes de chlore du chlorazoture de phosphore $(PNCl^2)^3$ sur l'ammoniaque et quelques amines primaires. J'ai pensé que des réactions identiques pourraient se produire sur les composés organiques ayant un hydrogène remplaçable par un métal (par exemple : alcools, acétylacétone, fluorène, etc.) et sur les organomagnésiens de M. Grignard; j'ai envisagé aussi le rôle de la triple liaison $P \equiv N$, par analogie avec celle de $C \equiv N$, étudiée par M. Blaise, M. Grignard et M. Bellet (³).

La présente Note expose l'action, à la température de 110°-115°, du chlorazoture $(PNCl^2)^3$ (1^{mol}) sur le bromure de phénylmagnésium (4^{mol}) dissous dans le toluène anhydre et en atmosphère d'hydrogène. Il se forme lentement, dans ces conditions, une matière blanchâtre, insoluble, dont la totalité n'est obtenue qu'après environ huit heures de chauffage. Nous en faisons l'étude.

La solution toluénique, hydrolysée par l'eau glacée et 4Cl au $\frac{1}{10}$, donne, après lavage, séchage, filtration et concentration sous pression réduite, une masse huileuse, verdâtre, qui cristallise, après plusieurs traitements au benzène, en beaux prismes incolores, fusibles à 232° (très solubles à chaud dans le benzène, le chloroforme, peu solubles dans l'alcool éthylique, l'acide acétique). Un épuisement par l'éther de pétrole (P.E. 50-70°) les purifie de toute trace de $PNCl^2$.

(Rendement 25^g environ pour 116 de chlorazoture.)

L'analyse quantitative indique la composition centésimale : carbone, 71,94; hydrogène, 5,21; azote, 7,18; phosphore, 15,37; la théorie pour $PN(C^6H^5)^2$ étant : carbone pour 100, 72,36; hydrogène, 5,02; azote, 7,03; phosphore, 15,57.

(¹) Séance du 2 mars 1925.

(²) Stokes, *Berichte*, 28, 1895, p. 437. — Hoffmann, *Bulletin Société chimique* (nouvelle série), 44, 1885, p. 374. — Couldridge, *Ibid.*, 50, 1888, p. 535. — Besson et Rosset, *Comptes rendus*, 143, 1906, p. 37.

(³) Blaise, *Comptes rendus*, 132, 1901, p. 38. — Grignard, *Ibid.*, 152, 1911, p. 388. — Grignard et Bellet, *Ibid.*, 155, 1912, p. 44. — Bellet, *Thèse de Doctorat*, Nancy, 1912, p. 53.

(La combustion et l'oxydation de phosphore ont été difficiles.)

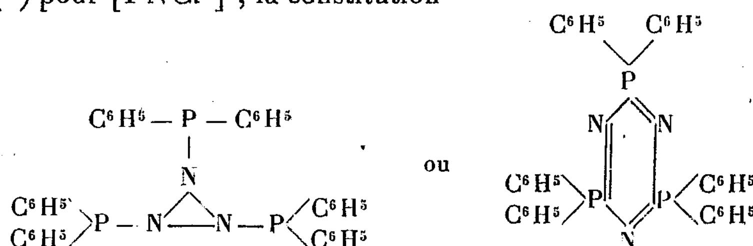
La cryoscopie dans le benzène, puis dans le camphre [1] a donné, pour le poids moléculaire, les valeurs 570 (benzène), 660 (camphre), la valeur théorique étant 597 pour une formule trimère.

Ces déterminations permettent, je crois, d'envisager l'obtention de $[PN(C^6H^5)^2]^3$, suivant l'équation



$$(PNCl^2)^3 + 6(C^6H^5MgBr) = 6MgBrCl + [PN(C^6H^5)^2]^3$$

et de lui attribuer, en déduction des formules de Wichelhaus et de Stokes [2] pour $[PNCl^2]^3$, la constitution



$[PNCl^2]^3$ n'étant nullement dépolymérisé.

Il est à remarquer que Stokes, Hoffmann et Couldridge ont, dans leurs recherches [3], conclu également à des formules trimères et que, R. Schenk et G. Römer [4], reprenant leurs travaux, déclarent obtenir des produits monomères et indiquent la dépolymérisation de $(PNCl^2)^3$ et de $(PNCl^2)^4$, par action sur les amines aromatiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les deux diméthyl-1.3 cyclohexanones-4 et les diméthylcyclohexanols correspondants.* Note de MM. **Marcel Godchot**, et **Pierre Bedos**, présentée par M. A. Haller.

Des travaux assez récents dus principalement à Skita [5], Vavon [6] et à nous-mêmes [7] ont montré qu'il était souvent possible de préparer, dans

(1) Jouniaux, *Bulletin de la Société chimique*, 4e série, 11, 1912, p. 723.

(2) Wichelhaus, *Berichte*, 3, 1870, p. 163. — Stokes, *Chemisches Centralblatt*, 68 Jahrgang, 1, 1897, p. 14.

(3) *Loc. cit.*

(4) Schenk et Römer, *Berichte*, 57, 1924, n° 8, p. 1343.

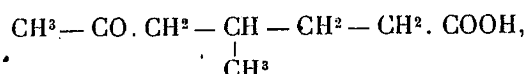
(5) *Annalen der Chemie*, 427, 1922, p. 255.

(6) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 405.

(7) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 461, et 178, 1924, p. 1184.

la série hydroaromatique plus ou moins substituée, l'un ou l'autre des composés stéréoisomères géométriques en mettant en œuvre certaine réaction synthétique de préférence à d'autres. La présente Note a pour but de faire connaître une nouvelle diméthyl-1.3-cyclohexanone-3, $C^8H^{14}O$, et certains de ses dérivés.

Avant nos recherches, une seule des deux diméthyl-1.3-cyclohexanones-4, prévues par la théorie, était connue et avait été obtenue, pour la première fois, par MM. Sabatier et Mailhe (¹) par oxydation du dimétyl-1. 3-cyclohexanol-4 issu du xylénol correspondant par hydrogénation catalytique ; puis, Wallach (²) d'une part et Haller (³) d'autre part réussirent à la préparer en suivant des voies différentes. Cette cétone, qui bout à 176°5 (corr.), présente les caractéristiques suivantes : $d_4^{16} = 0{,}9124$; $n_D^{16} = 1{,}446$; R. M. = 36,8 (calculée, 37,00) ; semicarbazone : P. F. 190° (Sabatier et Mailhe); oxime : P. F. 97° (Wallach). Par oxydation permanganique, l'un de nous (⁴) a montré qu'elle donnait naissance à l'acide γ-métyl-δ-acétylvalérianique,


$$CH^3-CO.CH^2-\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}}-CH^2-CH^2.COOH,$$

dont la semicarbazone est fusible à 136°.

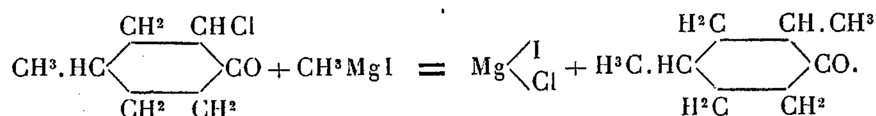
Nous avons fait connaître récemment (⁵) que la chloruration de la paraméthylcyclohexanone donnait naissance à un mélange de deux dérivés monochlorés stéréoisomères bouillant sous 12^{mm}, l'un vers 80°-82° et l'autre vers 110°-112°. Nous avons pu, en outre, démontrer que ces deux composés se transformaient l'un dans l'autre en passant par un énol intermédiaire et que, finalement au bout d'un certain temps, l'on finissait par obtenir surtout du produit chloré à point d'ébullition le plus élevé (110°-112°). Ce dernier constitue dès lors une matière première facilement abordable pour différentes synthèses.

En particulier, en faisant agir sur ce composé l'iodure de méthylmagnésium, suivant la réaction déjà signalée par Bouveault et Chéreau (⁶) et

---

(¹) *Comptes rendus*, **142**, 1906, p. 553.
(²) *Annalen der Chemie*, **395**, 1913, p. 85.
(³) *Comptes rendus*, **172**, 1913, p. 739.
(⁴) *Bulletin Soc. chim. France*, 4ᵉ série, **33**, 1923, p. 963.
(⁵) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 295.
(⁶) *Comptes rendus*, **142**, 1906, p. 1086.

par nous-mêmes [1], nous avons pu isoler avec un rendement de plus de 60 pour 100, une nouvelle diméthyl-1.3-cyclohexanone-4 :



Cette cétone est l'isomère géométrique de celle signalée plus haut. En effet, par oxydation, elle nous a fourni le même acide méthylacétylvalérianique (semicarbazone, P. F. 136°). Régénérée de sa semicarbazone fusible à 125°-126°, elle possède une odeur agréable, bout à 171° (corr.) et présente les caractéristiques suivantes : $d_{4°}^{16°} = 0,9004$; $n_D^{16°} = 1,4429$; R.M. = 37,09 (calculée = 37,00); oxime, huileuse. La différence assez curieuse d'environ 5° constatée entre les points d'ébullition des deux cétones stéréoisomères ne constitue pas un fait isolé; de telles variations furent déjà signalées par exemple par Wallach [2] pour les thuyamenthones isomériques ou par nous-mêmes dans cette même série du cyclohexane substitué.

Dans un autre ordre d'idées, les travaux d'Auwers [3] et de Skita [4] semblent avoir établi que les dérivés *cis* possèdent une densité plus forte, un indice de réfraction plus élevé et une réfraction moléculaire plus faible que les dérivés *trans*. Si l'on adopte cette conception, l'examen des constantes indiquées par les deux cétones ferait de la cétone découverte par nous une *trans*-diméthyl-1.3.-cyclohexagone-4 tandis que celle obtenue antérieurement serait l'isomère *cis* dont la synthèse du reste a pu être effectuée par nous par action de CH^3MgI sur la paraméthylcyclohexagone à point d'ébullition le plus bas (80°-82°).

A chacune des deux cétones dont l'existence vient d'être ainsi démontrée doivent correspondre deux alcools stéréoisomères. Ceux issus de la *cis*-diméthyl-1.3-cyclohexagone-4 sont connus; l'un, le *cis*-diméthyl-1.3-cyclohexane-*trans*-ol 4 a été obtenu par Sabatier et Mailhe [5] par hydrogénation catalytique du xylénol correspondant et par Skita [6] par hydrogénation de la cétone correspondante à l'aide du sodium : Ebullition = 175°-176° (corr.); $d_4^{16°} = 0,9119$; $n_D^{16°} = 1,458$; R.M. = 38,3; cal-

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1374.
(2) *Annalen der Chemie.*, 408, 1915, p. 163.
(3) *Ibid.*, 420, 1919, p. 91.
(4) *Ibid.*, 427, 1922, p. 255.
(5) *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 553.
(6) *Annalen der Chemie*, 427, 1922, p. 278.

culée, 38,3; phényluréthane fusible à 96° (Sabatier et Mailhe); allophanate fusible à 207° (Godchot et Bedos); l'autre, le *cis*-diméthyl-1.3-cyclohexane-*cis*-ol-4, signalé déjà par Skita, a pu être facilement reproduit par nous en hydrogénant la cétone en milieu acétique par la méthode catalytique à l'oxyde de platine due à Voorhees et Adams([1]), avec la modification d'Adams et Schriner([2]); cet alcool bout à 176° (corr.); $d_{4°}^{16°} = 0,9167$; $n_D^{16°} = 1,4567$; R. M. = 38,01; calculée, 38,3; phényluréthane huileuse; allophanate fusible à 184°.

Nous rappelons que d'après les travaux de Goodwin et Perkin jun. ([3]) et ceux de Skita ([4]) la réduction en milieu acide fournit de préférence les dérivés *cis* tandis qu'en milieu alcalin elle conduit aux dérivés *trans*.

Quant aux *trans* diméthyl-1.3-cyclohexanols-4. correspondant à la cétone découverte par nous, l'un a été obtenu par nous par hydrogénation de cette cétone par le sodium en présence d'une solution de bicarbonate de sodium; il bout vers 176°-177°; $d_{4°}^{16°} = 0,9004$; $n_D^{16°} = 1,4536$; R. M. = 38,47, calculée = 38,34; phényluréthane huileuse; allophanate fusible à 149°. La réduction en milieu acétique à l'aide de l'oxyde de platine nous a fourni non pas un seul alcool comme précédemment, mais un mélange (ébullition, 173°-175°, corr.) des deux alcools *cis* et *trans*, l'un, peu soluble dans l'alcool éthylique, dérivant de l'alcool décrit ci-dessus, l'autre, beaucoup plus soluble, fusible à 135°-136°, provenant de l'alcool stéréoisomère; mais la faible quantité obtenue ne nous a pas permis pour l'instant de régénérer cet alcool de cet allophanate.

En résumé, l'existence des quatre diméthyl-1.3-cyclohexanols est nettement démontrée.

PÉDOLOGIE. — *Sur la texture des limons quaternaires et des sols qui en dérivent.* Note de M. A. **Demolon**, présentée par M. Lindet.

Les limons quaternaires offrent un développement remarquable dans le Saint-Quentinois et le Cambrésis, où ils ont été particulièrement étudiés au point de vue lithologique et stratigraphique. Étant donnée leur importance agricole, nous avons cherché à préciser sur quelques points leur constitution et nous envisagerons tout d'abord leur texture physique. Les résul-

---

([1]) et ([2]) *J. Am. Ch. Soc.*, 44, 1922, p. 1397; 45, 1923, p. 2171.
([3]) *Journ. Chem. Soc.*, 67, 1894, p. 123.
([4]) *Annalen der Chemie*, 427, 1922, p. 261 et 277.

tats que nous relatons ci-après se rapportent à des prélèvements effectués au nord de l'Oise dans la zone précédemment indiquée (Montbrehain, Bohain, Bellicourt, Sequehart), sur des plateaux, à des altitudes comprises entre 125^{m} et 150^{m}, en des points où l'on trouve superposés avec netteté, au-dessous du sol arable, la terre à briques, l'ergeron et le limon rouge fendillé (classification de Ladrière).

Les prélèvements ont toujours été effectués sur une même verticale. L'analyse mécanique par lévigation au moyen de l'appareil de Kopecky, complété en vue du fractionnement des éléments les plus fins entraînés. Défloculation préalable des échantillons par un traitement à froid avec HCl à 2 pour 100. Tous les échantillons examinés étant naturellement décalcifiés et exempts de matières humiques, les chiffres obtenus sont comparables.

Tableau I.

		Sable moyennem. fin de 0^{mm},4 à 0^{mm},2.	Sable fin de 0^{mm},2 à 0^{mm},05.	Limon de 0^{mm},05 à 0^{mm},02.	Limon fin de 0^{mm},02 à 0^{mm},005.	Argile <0^{mm},005.
Sols arables dérivant des terres à briques ci-dessous (moyenne)		7,7	12,7	44,0	30,6	2,1
Terre à briques.	Minimum...	2,8	6,0	39,6	23,4	8,3
	Moyenne....	4,4	8,6	45,7	29,6	10,0
	Maximum...	5,5	11,3	50,7	33,4	13,4
Ergeron.	Minimum...	2,8	7,0	44,8	24,6	6,0
	Moyenne....	5,0	8,3	48,0	28,2	8,8
	Maximum...	8,7	10,2	52,4	32,7	11,7
Limon rouge fendillé moyen.	Minimum...	1,8	7,0	42,9	24,5	4,9
	Moyenne....	3,0	10,2	46,1	31,8	7,2
	Maximum...	4,4	17,5	50,4	36,1	9,4
Argile plastique du Sparnacien (vallée de l'Ailette).		0,8	10,9	16,3	28,9	41,9

Les trois niveaux, terre à briques, ergeron et limon rouge, présentent au point de vue mécanique la plus grande analogie de constitution. Ils sont caractérisés : 1° Par l'absence d'éléments grossiers de dimensions supérieures à 0^{mm},4; 2° par la présence d'environ 75 pour 100 d'éléments limoneux compris entre 0^{mm},05 et 0^{mm},02; 3° par leur teneur relativement faible, par rapport aux argiles plastiques de la région, en éléments fins classés dans la catégorie « argile »; 4° par l'homogénéité de leur constitution sur des surfaces très étendues.

Sur les pentes, cette homogénéité est beaucoup moins grande. On y observe fréquemment l'accroissement des éléments sableux notamment pour l'ergeron quand il

repose directement sur le diluvium et aussi l'élévation du taux de matières argileuses provenant des niveaux plus élevés.

De Lapparent a considéré ces limons comme le résidu des anciens dépôts de sables et argiles tertiaires soumis à l'action du ruissellement. On leur a aussi parfois attribué une origine éolienne en les assimilant au Loess. Il était donc intéressant de soumettre à l'analyse mécanique quelques types des dépôts tertiaires dont il subsiste des lambeaux :

	Éléments de		
	$0^{mm},08$ à $0,125$.	$0^{mm},125$ à $0,150$.	$0^{mm},150$ à $0,200$.
Sables blancs thanétiens (Laon).......	75,0	7,0	18,0
Sables jaunes yprésiens (Laon).......	67,0	25,0	8,0
Sables verts de la glauconie inférieure (La Fère).......................	57,0	38,0	8,0

Bien que ces sables soient d'une finesse remarquable, si l'on excepte les cas où leur faciès est plus ou moins argileux, on constate qu'ils ne peuvent entrer que pour une faible part dans la constitution des limons envisagés plus haut. Ces sables n'ont été entraînés qu'à une faible distance de leur origine et nous les retrouvons par exemple dans les limons sableux du Laonnois. Les éléments limoneux paraissent provenir essentiellement des dépôts sparnaciens où l'on trouve des couches argileuses dont la constitution correspond d'une manière satisfaisante aux éléments fins des limons, une partie de l'argile proprement dite ayant vraisemblablement disparu, entraînée par les eaux (voir Tableau I).

Deux autres observations viennent appuyer ce rattachement des limons envisagés aux formations du Landénien (Thanétien + Sparnacien). C'est : 1° la présence très générale de la glauconie, si fréquente dans les dépôts de cet étage; 2° la constatation dans presque tous les échantillons de particules charbonneuses analogues à celles qu'on observe dans les argiles à lignites. Il suffit de décaper soigneusement les sables grossiers obtenus dans la lévigation des limons pour voir apparaître nettement les deux catégories d'éléments que nous venons de signaler.

Les sols de culture qui dérivent de la terre à brique s'en distinguent immédiatement par la perte d'une fraction importante des éléments argileux. Ces sols décalcifiés sont en effet aisément défloculés sous l'action des pluies, avec phénomènes d'entraînement par ruissellement des éléments les plus fins. A ces dénudations de l'époque actuelle, corrélatives d'une diminution de la fertilité, il y a lieu d'opposer comme correctif les labours profonds et toutes mesures propres à diminuer le processus de peptisation

par lavage : chaulages, engrais humiques, etc. Il ne semble pas exact de considérer les sols de limon envisagés comme des terres argileuses; leur plasticité est surtout fonction d'une proportion élevée d'éléments fins.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le Mérokarst.* Note de M. **Jovan Cvijic**, présentée par M. Pierre Termier.

La notion du karst provenant du Holokarst dinarique ne se laisse guère appliquer aux pays calcaires que nous embrassons sous le nom de Mérokarst. On n'y trouve que certains traits du relief karstique; d'autres manquent complètement ou sont considérablement modifiés. C'est bien un karst partiel ou imparfait.

On en trouve des exemples, surtout au Nord des Alpes, dans les régions de l'Europe centrale et septentrionale, constituées par les calcaires marneux et bitumeux qui appartiennent au Paléozoïque, par les dolomies triasiques et jurassiques riches en carbonate de magnésie, en particulier par la craie et les calcaires marneux d'âge sénonien ; en Podolie (Pologne) aussi par le calcaire à *Lithothamnium* d'âge néogène. Ces roches impures se dissolvent moins complètement que les calcaires du Holokarst dinarique, et il reste une grande quantité d'argiles de décalcification; de plus, ces calcaires marneux sont souvent recouverts par des sables, graviers et argiles plastiques, étrangers au substratum, et d'un âge plus récent.

D'une telle constitution géologique résultent certains caractères morphologiques. Des vallées normales ont pu se développer, parfois presque comme dans les terrains imperméables. Les formes karstiques sont limitées aux surfaces s'étendant entre les vallées normales, surfaces qui sont le plus souvent insignifiantes en comparaison avec les vastes compartiments du Holokarst; par suite, l'évolution des formes karstiques est en général fortement influencée par l'érosion normale. Enfin les roches solubles n'atteignent nulle part ici l'épaisseur des complexes calcaires du Holokarst, et elles renferment parfois encore plusieurs niveaux de couches plus ou moins imperméables ; l'évolution des formes karstiques s'accomplira donc dans le Mérokarst plus vite et d'une autre façon que dans le Holokarst, où la couche imperméable, le niveau de base de l'évolution karstique se trouve à une grande profondeur.

La surface des roches se prêtant à la karstification et la surface du sol étant, dans le Mérokarst, séparées par un manteau plus ou moins épais de matériaux meubles, l'attaque du calcaire ne s'opère que par l'intermédiaire

de ces couches meubles, particulièrement sur les points où elles sont le plus perméables, et plus spécialement aux endroits, d'ailleurs rares, où elles ont été enlevées.

Par suite, le Mérokarst n'est pas nu et ne montre que très rarement des surfaces rocheuses et déchiquetées. C'est un karst couvert et verdoyant, partout accessible aux labours en dehors des pâturages et des forêts. Les lapiés manquent donc complètement. Les petites formes de la surface sont les dolines dans les matériaux meubles, soit dans les argiles de décalcification, soit dans les couches de couvertures étrangères au substratum, comme les *sand and gravel pipes* des environs de Londres, les *Erdfälle* du Frankenjura et les *Zavrteks* de la Moravie. Ces dolines sont d'ailleurs moins fréquentes que les dolines rocheuses du karst dinarique; elles sont accompagnées souvent d'orgues géologiques et de poches, qui ne se traduisent pas dans le relief. Les vraies dolines, creusées dans les roches solubles, sans affaissement des matériaux meubles, sont extrêmement rares. Les poljes karstiques manquent complètement.

L'absence ou le faible développement des petites formes karstiques créées surtout par l'érosion chimique, lapiés et dolines, ne sont pas dus seulement à la couverture de matériaux meubles, mais aussi à la constitution chimique des calcaires beaucoup moins solubles que dans le karst dinarique.

Il semble que l'érosion chimique, dans le Mérokarst, ne fasse que préparer les voies de pénétration des eaux atmosphériques en élargissant les fissures, et donnant ainsi une impulsion à l'érosion mécanique souterraine qui bientôt devient prépondérante. Les formes dues plutôt à l'érosion mécanique qu'à l'érosion chimique sont celles qui se développent dans le Mérokarst presque aussi bien que dans le Holokarst.

Les jamas accusent les mêmes formes et la même mode d'origine; tels sont les *puits naturels* dans la craie de la France du Nord et les *aiguigeois* de la Belgique, ainsi que les *pots* dans la craie de l'Angleterre méridionale. Des vallées fermées, anciennes et actuelles, y aboutissant comme dans le Holokarst, ces gouffres sont dans le Mérokarst moins nombreux, moins profonds et plus souvent obstrués par les matériaux meubles.

Les eaux de pluie donnent naissance à une hydrographie souterraine bien développée, avec des cavernes sèches et des grottes à cours d'eau. Il semble que ces cavités soient moins développées; elles n'atteignent sûrement pas la longueur des grottes et des cours d'eau souterrains du Holokarst. La dispersion des eaux souterraines n'est pas aussi fréquente que dans le karst dinarique; par suite on a pu, avec beaucoup de sûreté, suivre leurs cours et constater, souvent avec précision, leurs résurgences.

MYCOLOGIE. — *Sur la spécificité de quelques Hyménomycètes lignicoles vis-à-vis de leurs supports.* Note de M. **L. Lutz**, présentée par M. Guignard.

Parmi les questions intéressant la biologie des Champignons épiphytes, celle de la spécificité est sans contredit l'une des plus intéressantes. Dans la nature, certaines espèces d'Hyménomycètes sont foncièrement ubiquistes; d'autres, au contraire, se rencontrent exclusivement sur des espèces végétales bien déterminées et semblent incapables de vivre ailleurs.

L'interprétation habituelle de cette particularité consiste à admettre que les supports en question contiennent seuls les substances nécessaires aux Champignons qui les parasitent. La spécificité serait ainsi régie, en quelque sorte, par une question d'appétence.

La réussite d'un grand nombre de cultures d'Hyménomycètes parasites sur des milieux strictement artificiels semblant en contradiction avec cette manière de voir, j'ai institué quelques expériences tendant à élucider les rapports existant entre certains végétaux ligneux et leurs parasites les plus caractéristiques.

I. *Le Chêne.* — On sait que le Chêne est, parmi les bois européens, l'un des plus résistants à l'attaque des Champignons et ses emplois comme bois d'œuvre sont précisément basés en partie sur cette propriété qu'il doit vraisemblablement aux tanins qui l'imprègnent.

Cette résistance est d'ailleurs mise en évidence par l'essai suivant : des parallélipipèdes de 1^{cm^2} de section sur $7\text{-}8^{cm}$ de longueur ont été débités : (*a*) dans de l'aubier de Chêne rouvre; (*b*) dans du cœur du même bois. Ils ont été disposés dans des fioles à fond plat avec la quantité d'eau strictement nécessaire pour les recouvrir, puis portés à l'ébullition pour chasser l'air et imbiber ainsi le bois qui, sans cette précaution, serait trop sec et impropre à la culture. Après refroidissement, les parallélipipèdes ont été placés dans des tubes à pomme de terre dont le fond a été garni avec l'eau de coction, puis stérilisés à 120° et ensemencés respectivement avec *Stereum hirsutum*, *S. purpureum*, *Polyporus versicolor*, *Corticium quercinum* et *Polyporus pinicola*. Ils ont enfin été abandonnés à une température voisine de 28°.

Seul l'aubier ensemencé avec *Corticium quercinum* a été le siège d'un développement du Champignon.

D'autres parallélipipèdes semblables et semblablement imbibés d'eau ont été introduits séparément dans des ballons avec 100^{cm^3} d'eau, chauffés à 120° pendant une demi-heure, égouttés, répartis dans des tubes à pomme de terre, stérilisés et finalement ensemencés avec les mêmes Champignons que dans la première expérience.

Sur l'aubier ont poussé seulement *Polyporus versicolor* et *Corticium quercinum*; sur le cœur *Stereum purpureum* et *Polyporus pinicola*.

Deux autres séries de parallélipipèdes ont été délavées de la même manière, non

plus une fois, mais deux et trois fois. Tous ont donné lieu au développement de tous les Champignons.

Expérience inverse. — Prenant alors du Hêtre blanc, dont la vulnérabilité a été confirmée par un ensemencement préalable, je l'ai imprégné d'extrait de Chêne pour essayer de lui conférer l'immunité. Cette imprégnation se fait de la manière suivante :

Extrait aqueux de cœur de Chêne.............	3^{gr}
Eau..	60$^{cm^3}$

Faire dissoudre. Mettre dans des tubes à essai ordinaires des parallélipipèdes de bois de Hêtre blanc avec 10$^{cm^3}$ de cette solution. Porter à l'autoclave sous 2^{atm} de pression pendant une demi-heure, puis laisser refroidir à la température ordinaire avant d'ouvrir l'autoclave, de manière à injecter le bois par l'effet de la rentrée d'air. L'absorption doit être sensiblement complète et chaque parallélipipède contient ainsi 0^g,50 d'extrait de Chêne.

Les ensemencements ont été faits avec les mêmes Champignons que ci-dessus. Les *Polyporus versicolor* et *P. pinicola* ont seuls donné des cultures positives.

Une nouvelle expérience a été faite en injectant dans chaque parallélipipède non plus 0^g,50, mais 1^g d'extrait. Aucun Champignon n'a poussé.

II. *Le Pin.* — Des parallélipipèdes taillés dans du cœur de Pin maritime ont été mis en expérience de la même manière.

Sur les échantillons simplement imbibés d'eau et après un mois d'ensemencement, les *Stereum hirsutum* et *S. purpureum*, les *Polyporus pinicola* et *P. officinalis* avaient convenablement poussé. Le *Corticium quercinum* ne montrait que des traces de développement. Le *P. versicolor* n'avait rien donné.

Sur les échantillons délavés, tous les Champignons ont donné des cultures vigoureuses.

Mêmes résultats positifs avec le bois épuisé au préalable par la benzine.

III. *Le Hêtre et les Champignons des bois résineux.* — Les *Polyporus officinalis* et *Polyporus pinicola* se développent convenablement sur Hêtre simplement imbibé d'eau ou délavé. Par contre, le bois imprégné d'extrait de Chêne devient impropre à leur culture.

IV. *Le Mélèze et le Polyporus officinalis.* — Des parallélipipèdes débités soit dans l'écorce, soit dans l'aubier d'un rameau de Mélèze vivant et ensemencés après stérilisation ne donnent lieu à aucun développement du Champignon. L'écorce et le bois d'un rameau mort fournissent au contraire des cultures toutes positives. Il en est de même avec des échantillons prélevés sur du Mélèze vivant et soumis au préalable au délavage à 120°.

V. *Le Polyporus betulinus.* — L'expérience a été faite sur le Bouleau vert ou mort, le Tilleul et le Peuplier morts (types de bois tendres); le Hêtre et le Chêne (cœur et aubier) (types de bois durs) et le Pin maritime (résineux).

Sur les bois simplement imbibés d'eau, les cultures n'ont été positives qu'avec le Bouleau (vert et mort), le Peuplier (faiblement), le Hêtre (faiblement) et le Pin (faiblement).

Tous les bois délavés ont fourni des cultures vigoureuses.

Tous ces essais concordent pour montrer que la spécificité des Champignons lignicoles est conditionnée non par la présence de substances nutritives convenables, mais au contraire par la présence ou l'absence de substances empêchantes que l'action de l'eau ou d'autres solvants a suffi pour éliminer.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la contraction extrême du muscle strié chez la grenouille.* Note de M. J. Nageotte, présentée par M. d'Arsonval.

Dans la série des images isométriques qui caractérisent au microscope les différents stades de la contraction musculaire, celle qui apparaît lorsque le raccourcissement atteint ses limites extrêmes se distingue de toutes les autres par deux particularités remarquables :

1° Au lieu de se produire uniformément dans toute l'étendue du faisceau musculaire, ou bien de former une onde courte occupant toute la largeur de ce faisceau, la contraction se localise dans une infinité de foyers extrêmement petits, irréguliers, à limites nettes, groupés en un dessin capricieux. Les territoires intermédiaires ne se raccourcissent pas, quoiqu'ils donnent l'image d'un stade inférieur de contraction. Le faisceau musculaire a donc perdu son unité synergique.

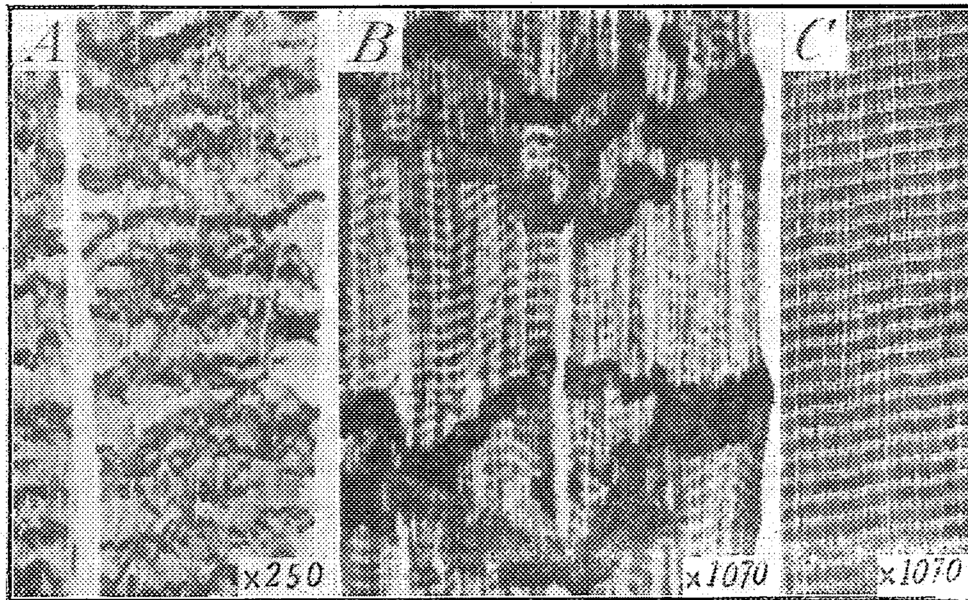
2° Dans les foyers de contraction extrême, les myofibrilles paraissent complètement homogènes : ni l'emploi des colorants usuels, ni l'examen en lumière polarisée ne permettent d'y déceler la moindre striation.

La contraction extrême s'obtient facilement, chez la grenouille, par tous les modes d'excitation du muscle, même appliqués avec une faible intensité; la seule condition nécessaire est que le raccourcissement ne soit gêné par aucun obstacle.

Dans la présente Note j'étudierai seulement la contraction extrême provoquée par un courant électrique tétanisant. Le muscle couturier est épinglé et excité par son extrémité supérieure. Avec la bobine dont je me suis servi, les premières secousses apparaissent lorsque le chariot est tiré de 25^{cm}. En augmentant progressivement l'intensité du courant, on voit le muscle se raccourcir rapidement de moitié ; puis le raccourcissement devient de plus en plus lent et il cesse lorsqu'il a atteint les deux tiers de la longueur du muscle au repos; à ce moment le chariot se trouve à 18^{cm}. Si l'on arrête alors le courant, le muscle se détend et se rallonge à peine de 1^{mm}, puis reste immobile ; mais en tirant sur son extrémité inférieure,

on lui restitue facilement sa longueur primitive. On peut recommencer cette manœuvre dix fois de suite et obtenir encore des contractions semblables à la première, si l'on a employé un courant d'intensité et de durée juste suffisantes.

Les coupes de muscle fixé en état de contraction extrême donnent les images figurées ci-dessous. Les parties contractées, colorées en noir intense, dessinent des bandes irrégulières, à direction générale transversale, d'où se détachent, à angles variables, des branches secondaires plus minces, qui se divisent et s'anastomosent de la façon la plus capricieuse (*fig.* A).



Cette disposition s'explique aisément; l'analyse microscopique des bandes colorées, faite sur des coupes longitudinales et transversales, montre qu'elles sont constituées par des baguettes longitudinales accolées les unes aux autres dans le sens transversal; les inégalités de longueur et les chevauchements des baguettes expliquent l'épaisseur variable des bandes, leurs trajets plus ou moins obliques, leur disposition en escalier et en zigzag (*fig.* B). Ces baguettes sont les portions contractées des myofibrilles, dont le diamètre a environ triplé.

Il existe aussi de petits foyers isolés, qui peuvent ne comprendre qu'une ou deux fibrilles et n'avoir guère plus de 2^{μ} de hauteur.

Ce n'est pas là, comme on pourrait le croire, une altération profonde et

définitive de la fibre musculaire; l'expérience relatée plus haut montre qu'une simple traction, exercée sur le muscle, lui rend ses dimensions et ses propriétés physiologiques primitives. D'ailleurs si l'on fait des coupes d'un muscle mis en contraction extrême, puis rallongé par traction et fixé en extension, on voit que ce muscle a repris entièrement sa structure normale de repos, si étonnant que ce fait puisse paraître *a priori* (*fig.* C).

Le contraste est saisissant entre le muscle raccourci à l'extrême, puis remis instantanément en position de repos par une extension antagoniste, et celui que l'on abandonne à lui-même après que l'excitation a cessé. Ce dernier, fixé au bout d'une minute, reste en état de contraction; les bandes décrites plus haut sont encore parfaitement dessinées; elles se sont seulement un peu desserrées et la striation commence à faire sa réapparition, mais elle reste très fine. Les stries sont espacées de $0^{\mu},5$, il y en a une quinzaine dans la hauteur d'une bande de dimensions moyennes. Si l'on se reporte aux mensurations normales cela représente un raccourcissement de 80 pour 100. Par conséquent, le raccourcissement des portions de myofibrilles en état de contraction extrême, fixées alors qu'elles ne sont pas détendues et qu'elles sont encore dépourvues de toute striation, est certainement supérieur aux quatre cinquièmes de la longueur au repos. Dans les territoires intermédiaires aux foyers de contraction extrême, la striation, d'ailleurs modifiée dans son aspect, n'est pas resserrée et n'indique pas de raccourcissement (*fig.* B). S'il s'est écoulé une demi-heure entre la contraction et la fixation, l'aspect ne se modifie guère; la striation réapparaît sur de plus grands espaces, mais reste aussi serrée.

On remarquera que la striation réapparaît brusquement avec des dimensions supérieures au pouvoir séparateur des objectifs. Or les bandes de contraction, desserrées au bout d'une minute, sont peu élargies; par conséquent il est certain que si l'on ne voit aucune strie dans ces bandes, lorsqu'elles sont fixées au maximum de leur contraction, c'est parce qu'elles sont effectivement homogènes.

Enfin on peut déduire de ces dernières expériences que les bandes de contraction extrême ne sont pas des « ondes » qui se déplaceraient le long de la fibre musculaire : elles naissent et s'effacent sur place; ce sont des foyers stationnaires.

La contraction extrême est anormale, en ce sens que le raccourcissement auquel elle est liée est trop considérable pour qu'elle apparaisse dans les conditions habituelles de la vie. Pourtant il est possible qu'elle donne l'explication du phénomène exceptionnel de la crampe.

PHYSIOLOGIE. — *L'étude des modifications du sang et des humeurs par l'ultrafiltration*. Note (¹) de MM. **Léon Blum** et **Maurice Delaville**, présentée par M. Widal.

L'ultrafiltration est un procédé de filtration qui consiste à séparer des substances se trouvant en solution colloïdale (micelles) du liquide qui les baigne (liquide intermicellaire) et des substances se trouvant en état de solution vraie par l'emploi de filtres à pores très fins qu'on a appelés ultrafiltres. En ne faisant intervenir que des forces physiques cette méthode a l'avantage de ne pas altérer le liquide ni les substances qu'il renferme et de s'écarter ainsi le moins possible des conditions naturelles.

Nous avons employé l'ultrafiltration pour étudier les modifications que subit le plasma sanguin au cours de processus physiologiques et pathologiques. Il est évident que ce procédé ne facilite pas l'étude directe des colloïdes. Par contre il est susceptible de nous renseigner sur les modifications que peuvent subir les corps qui sont ou entièrement ou partiellement ultrafiltrables.

Ces corps peuvent en effet subir des modifications qui influent sur leur passage dans l'ultrafiltrat; ainsi des substances entièrement ultrafiltrables peuvent perdre cette propriété et n'ultrafiltrer que partiellement. D'autre part, des substances partiellement ultrafiltrables peuvent passer dans le filtrat soit dans une proportion plus forte ou même en totalité, soit en quantités plus faibles.

Les minéraux du plasma sanguin se prêtent à une telle étude : il est établi que chez le sujet normal, le sodium et le potassium sont entièrement ultrafiltrables, le calcium et le magnésium ne le sont qu'en partie et dans des proportions qui varient peu. L'acide phosphorique passe dans le filtrat sans que nous puissions encore dire en quelles proportions, par rapport à l'acide phosphorique total, le chlore est entièrement ultrafiltrable.

Dans certains états pathologiques, des changements profonds se produisent : le sodium entièrement ultrafiltrable peut perdre en partie cette propriété, de sorte qu'une certaine quantité est retenue par le filtre. Inversement, le calcium peut devenir ultrafiltrable dans une proportion plus forte que normalement et même ultrafiltrer entièrement.

(¹) Séance du 24 novembre 1924.

Pour le potassium, le magnésium et l'acide phosphorique, nous avons commencé à effectuer des recherches analogues.

Ces changements de l'état physique des minéraux, pour intéressants qu'ils soient en eux-mêmes, nous paraissent surtout importants par les renseignements qu'ils nous donnent sur les modifications que subissent les colloïdes. Si l'ultrabilité des minéraux change, c'est que les colloïdes auxquels ils sont liés ont changé.

Il est évident que l'étude des altérations de solubilité au moyen de l'ultrafiltration n'est pas limitée aux substances minérales, elle peut aussi s'appliquer aux corps organiques. Parmi ces derniers nous avons commencé l'étude de l'acide urique et de la cholestérine parce que ces substances se prêtent à des dosages précis et présentent un intérêt physico-pathologique immédiat.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Détermination du champ visuel anatomique monoculaire du cheval par la méthode de l'image transsclérale.* Note de MM. A. **Rochon-Duvigneaud**, E. **Bourdelle** et J. **Dubar**, présentée par M. E. Leclainche.

La méthode de détermination du champ visuel anatomique par l'image transsclérale, mise en œuvre avec l'appareillage décrit dans notre Note du 2 février [1], nous a permis de faire, chez le cheval, de nombreux essais de mensuration sur le globe oculaire énucléé.

Le relevé ci-joint (voir la figure) de l'une de nos observations, représente assez bien la moyenne ordinaire des résultats obtenus. Il se rapporte au globe oculaire droit d'un cheval adulte dont la pupille était dans un état moyen d'ouverture.

Dans ce relevé, les points limites du champ visuel répondent à la position limite de la source lumineuse sur l'arc périmétrique suivant les divers méridiens, de 15 en 15°. La figure ainsi obtenue représente, dans son orientation et dans sa forme réelles, le champ visuel de l'œil envisagé.

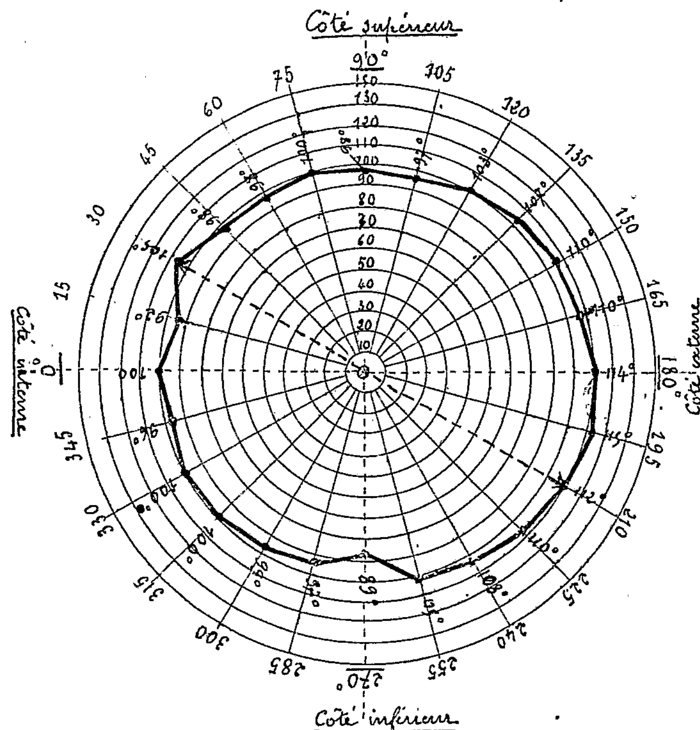
De l'examen de ce relevé, comme de l'ensemble de nos observations, il résulte que le champ visuel anatomique monoculaire du cheval affecte, dans ses contours limites, une forme générale ovalaire à grand axe transversal à peu près horizontal.

---

(1) A. Rochon-Duvigneaud, E. Bourdelle et J. Dubar, *Appareils pour la détermination du champ visuel anatomique par la méthode de l'image transsclérale* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 542).

La valeur angulaire maxima de ce champ s'établit suivant un méridien oblique en bas et en dehors de 15 à 30° sur le méridien horizontal. Cette valeur maxima est de 215° en moyenne, nous ne l'avons jamais trouvée inférieure à 200°; mais, sur certains yeux, elle a atteint 226 et même 228°.

La valeur angulaire minima du champ visuel existe toujours suivant un méridien vertical ou qui avoisine de très près le plan vertical. Elle est en moyenne de 190 à 195°; nous ne l'avons jamais vue dépasser 200° ou descendre au-dessous de 187°.



Relevé méthodique du champ visuel anatomique du globe oculaire droit d'un cheval.

Ces chiffres supposent, fatalement, une certaine approximation. Les conditions de contrôle de nos observations nous permettent cependant d'affirmer qu'ils ne sont en aucun cas supérieurs à la réalité et qu'ils sont sûrement inférieurs à celle-ci de quelques degrés suivant les divers méridiens, car l'image transsclérale disparaît, le plus souvent, à 1 ou 2^{mm} de l'ora serrata.

Le champ visuel monoculaire anatomique, et sans doute aussi physiologique, du cheval apparaît ainsi très étendu dans le sens transversal, avec

une valeur moyenne de 215° dont 111° en dehors et en arrière, 104° en dedans et en avant.

Si l'on envisage comparativement la valeur angulaire du champ visuel suivant les secteurs externe et interne du globe oculaire, on constate une extension de ce champ vers les parties externes ou temporales de la tête et de l'œil, une réduction, au contraire, vers les parties internes ou nasales. La différence en faveur des premières peut atteindre 15°. Cette extension du champ visuel en dehors et en arrière, chez le cheval, suppose une extension en sens inverse de la rétine proprement dite, du côté nasal ou interne du globe oculaire. En fait, c'est bien ce qui existe par suite de l'asymétrie du corps ciliaire, dont la partie interne ou nasale est presque de moitié moins haute que la partie externe ou temporale, disposition anatomique qui était encore inexpliquée et qui trouve ainsi au moins l'une de ses raisons d'être.

HISTO-PHYSIOLOGIE. — *Sur les modifications structurales de certains organes, en particulier du pancréas, chez les animaux dératés.* Note de MM. **Abelous**, **Argaud** et **Soula**, présentée par M. Henneguy.

Il serait superflu de revenir, encore une fois, sur la vicariance des organes hématopoiétiques, chez les animaux splénectomisés (vicariance démontrée, depuis longtemps, par Dominici), si cette question n'était révoquée en doute par certains auteurs ou, tout au moins, considérée par eux comme inconstante (Ceresole); et si, par ailleurs, elle ne nous avait amenés à des constatations d'ordre plus étendu.

Au cours d'un certain nombre de splénectomies réalisées chez quelques mammifères : chien, rat, lapin, etc., nous avons pu, non seulement observer une constante transformation hypertrophique et structurale des ganglions, mais encore une métaplasie extrêmement curieuse et inédite, croyons-nous, du parenchyme pancréatique. Il est, d'ailleurs, probable que la prétendue inconstance d'hypertrophie compensatrice résulte, presque toujours, du trop peu de temps écoulé entre la splénectomie et l'autopsie. En fait, la suppléance est toujours réalisée; mais, d'abord, d'une façon insidieuse, microscopique, diffuse, çà et là, dans certaines formations réticulo-endothéliales, sans que rien ne puisse encore paraître à l'inspection directe. Que l'on attende, au contraire, pour sacrifier l'animal, que l'hyperplasie ait eu le temps de se localiser, et de grosses glandes apparaîtront en des régions

où l'on n'a pas l'habitude de les voir. On peut apercevoir, par exemple, à l'ouverture de la cavité adbominale, chez des chiens sacrifiés, de trois à douze mois après la splénectomie, de grosses masses rougeâtres, isolées ou réunies par groupe, sans topographie définie, quoique siégeant, le plus souvent, dans la région rétro-pylorique, dans l'épaisseur du mésentère, ou encore au voisinage de l'abouchement iléo-cœcal. Leur forme est variable : globuleuse ou extrêmement allongée en boudin ; mais leur coloration rouge violacé reste toujours la même et rappelle celle de la rate. Leurs dimensions, pouvant atteindre 8^{cm} de long sur 4^{cm} d'épaisseur, et leur coloration en font des organes différents, même au simple aspect microscopique, des ganglions proprement dits. En réalité, ce sont des glandes hémales, néoformées telles quelles, ou provenant de ganglions lymphatiques préexistants dont l'appareil lymphoïde s'est, en grande partie, métaplasié dans un but de vicariance splénique.

A l'examen microscopique on voit, en effet, que la substance lymphoïde est réduite à quelques formations comparables à des corpuscules de Malpighi et à quelques travées irrégulières à bords festonnés; mais la majeure étendue de la glande est farcie de gros macrophages bourrés de globules rouges en histolyse. Le parenchyme est tout piqueté de grains ferriques provenant de l'hémoglobine. Cette apparition de glandes hémales démesurées, chez des animaux dératés, la prédominance des éléments phagocytaires sur les formations lymphoïdes, comme aussi l'abondance des grains ferriques essaimés un peu partout, démontrent nettement que la rate adulte doit être bien plutôt le tombeau des hématies que leur berceau.

Chez les souris dératées depuis plusieurs mois, on trouve également, au voisinage du pylore, des corps rougeâtres, d'aspect glandulaire, gros comme un pois, les uns sphériques, les autres plus allongés. A l'examen microscopique, ce sont des glandules lymphoïdes, des glandes hémales et aussi de minuscules pancréas accessoires. Certains de ces pancréas erratiques sont précisément le siège de la transformation pancréatico-splénique qui fait surtout l'objet de cette Note. Leurs faibles dimensions permettent de les intéresser, en totalité, sur une même coupe et de suivre aisément toutes les phases de cette transformation. On voit alors qu'il s'agit, en quelque sorte, de deux glandules renfermées dans une seule : glandule pancréatique vers un pôle; vers l'autre, au contraire, glandule franchement lymphoïde, avec sa trame réticulée, ses éléments lymphoïdes et ses corpuscules de Malpighi lui donnant un aspect splénoïde très accusé.

C'est dans la zone intermédiaire que l'on peut clairement étudier les

phases de cette métaplasie. La plupart du temps, c'est une certaine activité diérétique qui amorce le processus au niveau d'une ou deux cellules acineuses. A leur place, s'établit bientôt un plasmode plus ou moins étendu dont l'extrémité distale s'égrène, à la fois, en cellules lymphoïdes et en cellules de l'appareil réticulé. Toutes les autres cellules de l'acinus se transforment bientôt et successivement dans le même sens. On trouve encore, parfois, au sein du tissu lymphoïde, çà et là, quelques cellules pancréatiques oubliées, dont le noyau est en cinèse. D'autres fois, ce sont des acini entiers qui, séparés de la masse pancréatique, émergent comme des îlots perdus en pleine masse adénoïde.

Chez le chien, la métaplasie pancréatico-splénique reste localisée à la périphérie de la glande, relativement volumineuse; mais, comme chez la souris, c'est toujours la même activité diérétique qui, dans l'acinus, amorce le processus métamorphique, pour aboutir à un syncytium dont l'extrémité libre se résoud, pareillement, en éléments lymphoïdes.

De plus, on aperçoit, dans le pancréas des chiens dératés, de grosses cellules qui, par leur forme triangulaire ou étoilée, l'état grenu de leur protoplasma et leur situation intermédiaire aux acini pancréatiques et aux capillaires sanguins, doivent être assimilées aux cellules de Kupffer. Nous reviendrons plus longuement, dans une Note ultérieure, sur la signification complète de ces éléments ; mais, dès maintenant, nous tenons à insister sur l'apparition ou, tout au moins, l'hypertrophie, dans le pancréas des animaux dératés, d'un semblable système réticulo-endothélial.

La méthode des *Blockierung Versuche* d'Eppuiger et les recherches d'Arton et d'autres ont, en effet, démontré que la suppléance de l'activité splénique dans le métabolisme de la cholestérine pouvait se réaliser par l'intermédiaire des éléments du système réticulo-endothélial d'Aschoff et surtout des cellules de Kupffer. A ce compte, il était donc tout particulièrement intéressant de noter, chez les animaux dératés, la genèse d'un semblable appareil à l'intérieur du pancréas qui se révèle ainsi comme pouvant jouer, par vicariance splénique, un rôle très important dans le métabolisme des lipoïdes.

ZOOLOGIE. — *Poules à becs croisés. Une coaptation d'origine mécanique.* Note (1) de MM. **L. Mercier** et **Raymond Poisson**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

On connaît chez les Oiseaux un certain nombre de malformations du bec; à titre d'exemples, nous citerons celles qui nous ont paru les plus curieuses. C'est ainsi que Wm. Horn (1863) (2) a observé deux poulets dont la forme du bec rappelait celle d'un bec de Perroquet. De même Trouessart (1907) (3) a présenté, à une réunion de la Société zoologique de France, une Perruche (*Brotogerys virescens*) dont la mandibule supérieure, non recourbée, s'allongeait en avant suivant une ligne horizontale.

Mais il est une autre malformation dont l'étude mérite un intérêt tout particulier; elle consiste dans le croisement des deux mandibules du bec. Cette anomalie reproduit la disposition normale du bec de *Loxia curvirostra* L. (Bec-croisé); elle est un exemple saisissant du parallélisme fréquent qui existe entre caractères somatiques spécifiques et variations apparaissant d'une façon sporadique. L'anomalie du croisement du bec a été signalée à titre de variation accidentelle chez un certain nombre d'Oiseaux domestiques et sauvages : *Parus major*, *Columbia livia* (Parona, 1880) (4), Poules, etc.

En ce qui concerne les Poules, en particulier, nous rappellerons que Alluaud (1907) (5) a vu un Poulet à bec croisé ayant vécu plusieurs années et que Conte (1910) (6) a observé deux Poulets présentant la même anomalie.

De notre côté, nous avons constaté, dans la région normande, l'existence de Poulets et de Poules à becs croisés. C'est aux environs de Saint-Pierre-

(1) Séance du 2 mars 1925.

(2) Wm. Horn, *On a singular malformation of the beak and foot in the young of the domestic fowl* (*The Annals Mag. nat. Hist.*, 3e série, 2, 1863, p. 467; *Proc. Zool. soc. London*, feb. 24, 1863, p. 77).

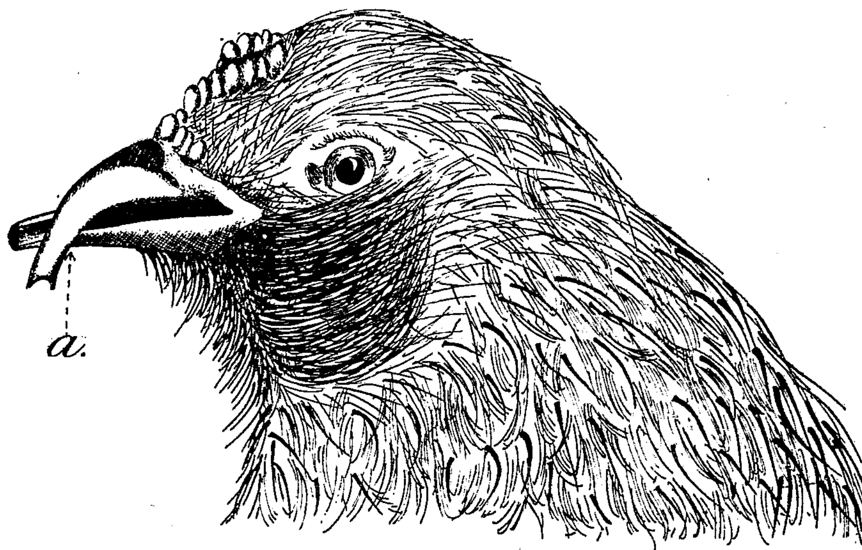
(3) E. Trouessart, *Sur une Perruche présentant une curieuse déformation du bec* (*Bull. Soc. zool. Fr.*, 32, 1907, p. 165).

(4) Parona, *Due casi di deviazione nella mascella inferiore degli uccelli* Columbia livia *e* Parus major (*Atti Soc. ital. di Sc. nat.*, 23, 1880, p. 127).

(5) Alluaud, voir Trouessart (*op. cit.*), 1907.

(6) A. Conte, *Anomalies et variations spontanées chez des Oiseaux domestiques* (*Comptes rendus*, 150, 1910, p. 187).

de-Cernières (Eure) qu'ont été faites nos premières observations. Une fermière possédait dans sa basse-cour deux poulets provenant de la même couvée et âgés de six mois environ, dont les becs étaient très nettement croisés. Après enquête, nous avons appris que le fait n'était pas rare dans la région, mais qu'en raison des difficultés d'élevage, les poussins présentant cette anomalie du bec étaient en général sacrifiés à la naissance.



Tête de Poule à bec croisé. — *a*, région de coaptation des deux mandibules.

Au début de cette année, nous avons pu nous procurer, dans la région de Crèvecœur-en-Auge, une Poule âgée de deux ans environ et une Poulette de six à sept mois, qui présentent également toutes deux le croisement du bec. A titre documentaire, nous décrirons la conformation du bec de la Poule adulte qui est en parfait état et pond régulièrement.

La branche supérieure du bec est nettement déviée vers la gauche et présente une forte aquilinité; l'extrémité en est tronquée, ce qui résulte vraisemblablement des tentatives faites par l'Oiseau pour ramasser de la nourriture sur le sol. La mandibule inférieure est sensiblement dans l'axe de la tête quoique légèrement rejetée vers la droite à son extrémité, qui est également tronquée. Cette mandibule présente une curieuse particularité : sur sa face latérale gauche elle est creusée d'une gouttière (*a*) destinée à recevoir la mandibule supérieure dans la position de repos. L'ensemble du dispositif constitue une véritable coaptation au sens donné à ce mot par

Cuénot (¹). Mais cette gouttière semble bien avoir été déterminée par la pression exercée par la mandibule supérieure sur l'inférieure. Il peut donc exister des coaptations d'origine mécanique. Celles-ci, qui ne s'établissent que secondairement, sont à distinguer d'une autre catégorie de coaptations étudiées par Cuénot et l'un de nous (1924) (²). On sait, en effet, que certains Insectes, des Hémiptères par exemple, présentent dans les pattes prothoraciques et les ailes, des coaptations. Mais celles-ci sont héréditaires et elles sont préformées. Les questions soulevées dans cette Note font ressortir tout l'intérêt que présente l'étude des Poules à becs croisés; aussi nous en poursuivons l'élevage en vue de rechercher, tout d'abord, si l'anomalie est héréditaire.

ZOOLOGIE. — *Le ralentissement expérimental des nématocystes des Cœlentérés. Perméabilisation de la paroi capsulaire*. Note (³) de M. **Robert Weill**, présentée par M. F. Mesnil.

La dévagination des nématocystes est un phénomène extrêmement rapide, se déroulant en une seconde tout au plus, et insaisissable par conséquent au microscope. J'ai indiqué (⁴) un premier procédé permettant de le ralentir, basé sur l'emploi des colorants vitaux; il avait l'avantage de mettre en lumière le comportement du liquide capsulaire, l'inconvénient de masquer les parties invaginées. Le procédé que je vais indiquer maintenant permet pour la première fois de suivre la dévagination elle-même, le retournement progressif du tube. C'est un procédé en deux temps, basé sur l'emploi successif de l'alcool et de l'eau.

J'ai opéré sur les grands nématocystes de *Corynactis viridis* Allman, isolés par frottis de leurs nématoblastes.

On trouve chez ces Stichodactylines, en dehors des spirocystes, des nématocystes de trois catégories : 1° les uns sont cylindriques, arrondis à leurs deux pôles; leur tube est très irrégulièrement pelotonné dans la capsule qu'il remplit complètement; réfringent, inerme et isodiamétrique sur toute sa longueur, il présente avec celui d'un spirocyste des analogies sur lesquelles j'ai déjà insisté (⁵) (*fig.* 1 *a* et *b*). Ils ont la très curieuse particularité d'être colorés en brun; 2° ceux de la deuxième catégorie

(¹) *Genèse des Espèces*, 2ᵉ édition, 1921, p. 527.

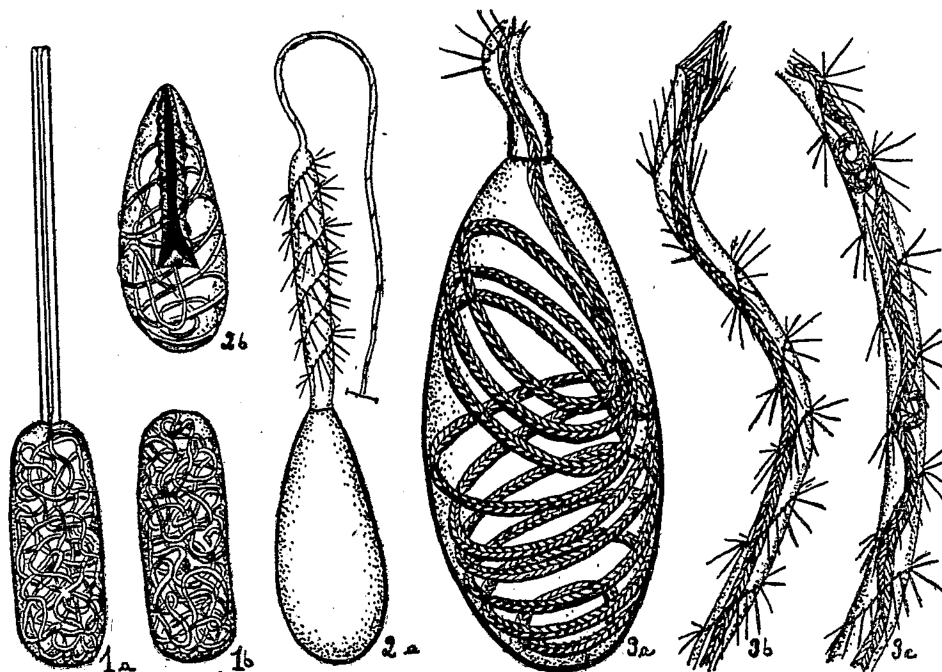
(²) R. Poisson, *Contribution à l'étude des Hémiptères aquatiques* (*Bull. biol. Fr. et Belg.*, 58, 1924, p. 81).

(³) Séance du 2 mars 1925.

(⁴) *C. R. Soc. Biol.*, 92, séance du 13 février 1925, p. 507.

(⁵) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 474.

sont ovoïdes; leur tube est élargi à sa base en une ampoule devenant à sa dévagination aussi longue que la capsule et armée d'épines disposées sur trois hélices dextres se prolongeant quelquefois sur la partie terminale grêle du tube (*fig.* 2 *a* et *b*); 3° les derniers enfin sont ellipsoïdaux; leur tube, enroulé en circonvolutions régulières, est isodiamétrique et armé sur toute sa longueur d'épines disposées sur trois hélices dextres (*fig.* 3 *a*, *b* et *c*). Ils correspondent par conséquent au type primitif duquel on peut, selon Iwanzoff (1896), faire dériver tous les autres. Leurs dimensions considérables (jusqu'à 100$^{\mu}$ sur 35$^{\mu}$) en font un matériel de choix pour l'expérimentation. Eux seuls m'ont servi dans ces expériences.



Corynactis viridis Allman.
Les trois catégories de nématocystes (*in vivo*) × 850.

Lorsqu'on suit sur ces capsules l'action de l'alcool absolu, on voit les circonvolutions du tube se rétrécir, puis la paroi capsulaire se friper fortement et rendre le contenu capsulaire indistinct; il se produit manifestement dans la capsule un vide partiel qui ne peut être dû qu'à une diffusion d'eau à travers la paroi capsulaire. Cette issue d'eau est accompagnée d'une lente entrée d'alcool; la capsule en effet reprend à la longue sa forme, sa turgescence et sa transparence primitives; on voit alors que le contenu capsulaire est coagulé. Pour obtenir la dévagination ralentie, il suffit de retransporter dans l'eau douce ou distillée les frottis traités pendant 4 à 5 minutes par l'alcool absolu. On voit alors les capsules fripées reprendre

leur aspect primitif, conséquence évidente de l'entrée d'eau. Puis immédiatement se produit la dévagination.

Elle est ralentie dès son début et se continue sans interruption durant un temps considérable, 10, 15, ou même 20 minutes. Le tube a, dans ces dévaginations ralenties, une attitude caractéristique : il forme soit une hélice comme dans les dévaginations ralenties par les colorants vitaux, soit une spire à progression centripète; il semble plus gros que dans les dévaginations normales. Il est surmonté d'un dard formé par l'accolement en pinceau des épines implantées sur les parois internes de la partie invaginée (*fig.* 3*b*). Ces épines, lorsqu'elles parviennent à l'extérieur, s'écartent brusquement en imprimant une forte secousse à l'extrémité du tube, puis au fur et à mesure de sa progression se rabattent lentement jusqu'à devenir transversales. La paroi tubulaire subit, au moment de son retournement, un étirement considérable en longueur et en largeur. Dans la capsule, s'est formé un gros coagulum floconneux à travers lequel le tube invaginé se déroule lentement, l'entraînant vers le goulot de la capsule. A la fin de la dévagination, lorsque l'extrémité du tube est sortie de la capsule et remonte dans la partie dévaginée, le phénomène s'accélère et perd son attitude saccadée; la partie invaginée qui, dans les courbures de l'hélice ou de la spire, était fortement accolée, du côté interne, à la paroi de la partie dévaginée, ondule maintenant librement et se prend même en boucles (*fig.* 3*c*). La dévagination peut ne pas être totale; pourtant elle ne s'arrête jamais lorsqu'elle a déjà atteint cette phase d'accélération. On peut arrêter les capsules en train de se dévaginer en les retransportant dans l'alcool absolu; mais l'eau, ainsi que les agents déterminant normalement la dévagination (acides et alcalis dilués), reste ensuite sans effet.

J'ai montré antérieurement que le mécanisme de la dévagination des nématocystes ne peut être rapporté qu'à l'augmentation de volume du contenu capsulaire sous l'influence immédiate des réactifs (acides ou alcalis) ou de l'eau, qui, dans certaines conditions expérimentales, pénètrent à travers la paroi capsulaire. Il reste à voir comment, dans le cas particulier, l'eau peut entrer dans la capsule. Il est certain qu'après le traitement par l'alcool la paroi capsulaire est perméable à l'eau; mais on pourrait admettre qu'elle l'est déjà auparavant, et que la non-pénétration d'eau était due à une isotonicité du contenu capsulaire avec l'eau de mer; la déshydratation par l'alcool le rendrait, en le concentrant, hypertonique et provoquerait ainsi l'endosmose d'eau. Cependant cette théorie n'expliquerait que la réimbibition de la capsule au second temps, mais non sa dévagination

causée évidemment par l'entrée d'une quantité d'eau supérieure à la quantité initiale. Elle n'expliquerait pas, d'autre part, que les capsules en question restent intactes même après un séjour de 24 heures dans l'eau distillée [1]. Il faut donc admettre que c'est seulement à la suite du traitement par l'alcool que la paroi capsulaire est devenue perméable à l'eau.

Le fait même du ralentissement de la dévagination ne peut pas être rapporté à une perméabilisation incomplète de la paroi capsulaire ; les parois du tube sont en effet perméables à l'eau et lui permettraient une endosmose aussi rapide qu'elle l'est normalement. On ne peut donc, comme dans le ralentissement par les colorants vitaux, incriminer que les modifications du liquide capsulaire. Mais l'absence totale de données concernant ses caractères chimiques, la connaissance très imparfaite et très fragmentaire que l'on a de ses propriétés physiques, ne permettent pas, actuellement, de donner du fait nouveau que je signale une interprétation physico-chimique plus précise.

EMBRYOLOGIE. — *Sur la membrane de fécondation de l'œuf d'Oursin* (Paracentrotus lividus *Lk.*). *Action du liquide cœlomique.* Note de M. **Boris Ephrussi**, présentée par M. Henneguy.

L'action du liquide cœlomique de l'Oursin (*Paracentrotus lividus* Lk.) sur le développement des œufs de la même espèce ne semble pas avoir été étudiée. L'unique renseignement à ce sujet, que j'ai pu obtenir, est donné par Fr. R. Lillie dans son livre *Problems of Fertilisation* où il dit simplement que dans le liquide cœlomique le développement des œufs ne se produit pas.

Au cours de mon séjour à Banyuls-sur-Mer, en 1924, j'ai été amené à revoir l'action du liquide cœlomique sur le développement de l'œuf d'Oursin. Les principaux résultats de mes expériences ont été les suivants :

Si l'on plonge des œufs vierges, soit immédiatement à la sortie des ovaires, soit après des lavages successifs ou des séjours variés dans l'eau de mer, dans le liquide cœlomique filtré après coagulation et qu'on les féconde au bout d'une heure, par exemple, les œufs entrent en segmentation *sans former des membranes de fécondation* et continuent, *d'une façon normale*, leur développement jusqu'au stade *Pluteus*.

(1) J'ai montré par contre que l'eau distillée provoque effectivement la dévagination de certaines capsules d'Actinies (voir *C. R. Soc. Biol.*, **92**, 13 février 1925, p. 507 et suiv., et *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 611).

Un certain nombre de remarques sont nécessaires.

Il est en général indifférent que la fécondation soit faite dans le liquide cœlomique même ou après transport des œufs dans l'eau de mer.

Le sexe de l'animal, dont le liquide cavitaire sert à l'expérience, ne joue aucun rôle.

Le temps de séjour dans le liquide cœlomique peut être très variable. Dans certains cas il est suffisant de laisser les œufs de 25 à 30 minutes pour supprimer complètement la formation des membranes. Dans d'autres cas des temps de séjour plus longs, jusqu'à 3 heures, sont nécessaires pour produire le même effet.

Ces derniers cas sont intéressants parce que, en fécondant de ces œufs toutes les 30 minutes, par exemple, on observe la réduction graduelle du diamètre de la membrane.

Enfin, dans un certain nombre de cas, la suppression de la formation des membranes est impossible à obtenir, ce qui tient *à la nature du liquide cœlomique et non à celle des œufs*. (Des œufs d'une même femelle, plongés dans plusieurs échantillons de liquide cœlomique, provenant d'animaux différents, ne se comportent pas de la même manière.)

L'action du liquide cœlomique peut donc être différemment intense. Ceci peut être mis en évidence aussi par des expériences de dilution du liquide cœlomique.

Je n'ai pas fait d'examen microscopique des œufs, mais la régularité absolue de leur segmentation me fait penser que, comme dans les cas de suppression de la membrane, par le traitement des œufs vierges par le sperme de *Sabellaria* (Brachet, Courrier), il s'agit là de fécondation monospermique.

Il est peut-être intéressant d'envisager les faits décrits au point de vue des théories de la formation de la membrane de fécondation et de les comparer à des faits du même ordre décrits par d'autres auteurs.

D'après Elder, Mac Clendon, Gray, la membrane de fécondation est une membrane de précipitation qui se forme à l'interface de deux colloïdes de signe opposé : la gangue qui porte une charge négative, et le liquide périvitellin qui est chargé positivement. Si, par quelque artifice expérimental, on dégangue l'œuf, on empêche la formation de cette membrane. Dans notre cas, *la non-formation de la membrane de fécondation n'est certainement pas due à l'absence de la gangue :* l'examen de ces œufs plongés dans de l'encre de Chine le prouve.

D'après Bataillon, la formation de la membrane de fécondation est due à l'émission par l'œuf des substances de déchet. Si l'on part de ce point de

vue, on peut prévoir que l'œuf qui se développe sans membrane de fécondation devra s'arrêter à un stade plus ou moins avancé du développement; c'est ce qui arrive en réalité dans un grand nombre de cas, et notamment dans celui des œufs d'Oursin traités par le sperme de *Sabellaria* (arrêt à la blastula). Ce qui confirme cette hypothèse d'une façon très nette, c'est le fait que, dans ce dernier cas, le traitement membranogène (1[er] temps de la méthode de parthénogenèse de Loeb) suffit pour compenser l'effet de la non-formation de membrane et pour pousser le développement jusqu'au *Pluteus* (Brachet).

Mais le cas de notre traitement par le liquide cœlomique est encore différent, *car l'absence de la membrane de fécondation (et par conséquent de la réaction épuratrice supposée) n'empêche pas le développement des œufs d'atteindre le stade* Pluteus *en l'absence d'un traitement complémentaire.* (Les *Plutei* sont parfaitement normaux; j'ai même pu les conserver vivants pendant une quarantaine de jours.)

D'après Brachet, l'œuf d'Oursin qui se développe sans membrane de fécondation (traitement par le sperme de *Sabellaria*) est bloqué dans son développement par privation d'eau et des sels. Pour Brachet, la membrane préexiste à la fécondation. La fécondation dans les conditions normales la rend perméable (Herlant). Le traitement préalable par le sperme de *Sabellaria* empêche cette perméabilisation lors de la fécondation. La membrane reste donc imperméable, ne se soulève pas, et l'œuf reste un système fermé, ce qui bloque le développement.

Courrier, cependant, a montré que les œufs traités par le sperme de *Sabellaria* sont au contraire plus perméables que les œufs normaux.

Notre cas est encore plus démonstratif; les essais de traitement par les solutions hypertoniques montrent que *la perméabilité de l'œuf n'est pas modifiée par le séjour dans le liquide cœlomique;* mais la membrane de fécondation ne se soulève pas, et l'on devrait conclure avec Brachet qu'elle n'est pas perméabilisée après la fécondation; *l'œuf reste donc un système fermé (privation d'eau et de sels) et malgré cela, le développement se fait normalement.*

D'après Courrier, deux cas sont possibles :

a. On peut agir sur le colloïde périvitellin en empêchant sa précipitation, par exemple en modifiant le P_H du milieu on évite la formation de la membrane de fécondation.

b. D'autres procédés agissent sur le protoplasma ovulaire. Tels sont les cas d'action de deux colloïdes, la toxine de *Sabellaria* qui empêcherait l'émis-

sion de substances de déchet (car le développement s'arrête à la blastula) et le rouge Congo, colloïde électrolytique, qui, par un effet de Donnau, non seulement empêche la réaction épuratrice, mais encore lèse l'œuf plus profondément en le rendant polyspermique.

Le traitement des œufs par un autre colloïde, le liquide cœlomique, semble se placer à part. Le développement des œufs monospermiques jusqu'au *Pluteus* prouve que la réaction épuratrice supposée a dû se faire et que ce n'est pas sur le protoplasma ovulaire que nous avons agi. D'autre part, l'œuf n'est pas dégangué, et le P_H du liquide cavitaire, oscillant autour de 8, est très proche de celui de l'eau de mer; ce n'est donc pas de la sorte que nous empêchons la précipitation du colloïde périvitellin. L'explication de la non-formation de la membrane de fécondation est à chercher dans une autre propriété du colloïde employé.

A 15h40m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE FÉVRIER 1925.

Encyclopédie minière et métallurgique. *Métallurgie du cuivre et alliages de cuivre*, par M. ALTMAYER et LÉON GUILLET. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1925; 1 vol. 23^{cm}. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

Synthèses et catalyses industrielles, fabrications minérales; leçons professées à la Faculté des sciences de Lille, par PAUL PASCAL. Paris, J. Hermann, 1925; 1 vol. $25^{cm},5$. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

Metallurgy and its influence on modern progress, par Sir ROBERT A. HADFIELD. Oxford University, Junior scientific Club, 1925; 1 vol. 25^{cm}.

Nova Caledonia; recherches scientifiques en Nouvelle-Calédonie et aux îles Loyalty. A : *Zoologie*, par FRITZ SARASIN et JEAN ROUX (vol. IV, l. 1). Berlin, C. W. Kreidel's Verlag, 1925; 1 vol. 29^{cm}. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

The disaster of September 1st 1923, *as it affected Tokyo imperial University and other places*. (Volume offert à ceux qui ont apporté leur aide sympathique à la restauration de la bibliothèque de l'Université impériale de Tokio.) Compiled by the University library; 1 vol. 31×23.

Scientific papers mainly on Electrodynamics and Natural Radiation, par feu S. B. MC LAREN, publiés sous la direction de H. H. HASSÉ, T. H. HAVELOCK, J. W. NICHOLSON, Sir JOSEPH LARMOR. Cambridge, University press, 1925; 1 vol. 23^{cm}.

Gouvernement général de Madagascar et dépendances. *Rapport sur les études de quelques sources thermales de Madagascar; la station thermale et climatique d'Antsirabe*, par CHARLES MOUREU, AD. LEPAPE, H. MOUREU, MONNIER, COLIN, FOUCQUE. (Extrait du *Bulletin économique* de Madagascar et dépendances), Tananarive, Imprimerie officielle, 1924; 1 fasc. 27^{cm}.

Faune de France, 8, *Diptères : Tipulidæ*, par C. PIERRE. Paris, Paul Lechevalier, 1924; 1 vol. $25^{cm},5$. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Électricité atmosphérique, par B. CHAUVEAU : 1er fascicule : *Introduction historique;* 2e fascicule : *Le champ électrique de l'atmosphère;* 3e fascicule : *Généralités sur les ions, l'ionisation et la radioactivité. La conductibilité et l'ionisation de l'atmosphère*. Paris, Gaston Doin, 1922, 1925, 1924; 3 fasc. 25^{cm}.

Traité du calcul des probabilités et de ses applications, par ÉMILE BOREL, avec la collaboration de L. BLARINGHEM, C.-V.-L. CHARLIER, R. DELTHEIL, H. GALBRUN, J. HAAG, R. LAGRANGE, F. PERRIN, P. TRAYNARD. Tome I : *Les principes de la théorie des probabilités;* fasc. I : *Principes et formules classiques du calcul des probabilités*, leçons professées à la Faculté des sciences de Paris, par ÉMILE BOREL, rédigées par

René Lagrange. Tome II : *Les applications de la théorie des probabilités aux sciences mathématiques et aux sciences physiques*; fasc. III : *Mécanique statistique classique*, leçons professées à la Faculté des sciences de Paris, par Émile Borel, rédigées par Francis Perrin. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 2 vol. 25^{cm}.

Calcul du temps et de la dérivation dans les grandes trajectoires des projectiles, par le Comte de Sparre. Paris, Gauthier-Villars et Cie et Presses universitaires de France, 1924; 1 fasc. 25^{cm},5.

Société mathématique de France. *Séances du cinquantenaire et discours prononcés le 24 mai* 1924, sous la présidence de M. Raymond Poincaré, par MM. Émile Picard, de la Vallée-Poussin, Léon Lecornu, Maurice d'Ocagne, Émile Borel, Bertrand de Fontviolant. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 fasc. 25^{cm},5.

La vie des animaux à la surface des continents, par Louis Germain. Paris, Alcan, 1924; 1 vol. 19^{cm}. (Présenté par M. Louis Joubin.)

Chaire de médecine exotique de la Faculté de Constantinople; études et notes (1923). Constantinople, Ahmed Ihsan et Cie, 1924; 1 fasc. 24^{cm}. (Présenté par M. H. Vincent.)

Mémorial des sciences mathématiques. Fascicule I : *Sur une forme générale des équations de la dynamique*, par Paul Appell. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 fasc. 25^{cm},5.

Lezioni di calcolo differenziale assoluto, par Tullio Levi-Civita. Roma, Alberto Stock, 1925; 1 vol. 24^{cm},5.

Settimo Centenario della Università di Napoli. *Storia della Università di Napoli*, scritta da Francesco Torraca, Gennaro Maria Monti, Riccardo Filangieri di Candida, Nino Cortese, Michelangelo Schipa, Alfredo Zazo, Luigi Russo. Napoli, Riccardo Ricciardi, 1924; 1 vol. 28^{cm},5.

Historical-mathematical Paris, by David Eugene Smith. Paris, Presses universitaires de France, 1924; 1 vol. 19^{cm}. (Présenté par M. Hadamard.)

Observatoire de Paris. Catalogue photographique du ciel. Coordonnées rectilignes. Tome V. Laval, Barnéoud, 1925; 1 vol. 32^{cm}. (Présenté par M. B. Baillaud.)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 MARS 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Extension d'un théorème de Monge.* Note de M. Paul Appell.

Dans les *Mémoires de l'Académie* pour 1781, se trouve un écrit de Monge où sont données, d'une façon incidente, à propos du problème théorique des déblais et remblais, les propriétés essentielles des lignes de courbure et des systèmes de droites formant ce qu'on appelle aujourd'hui des congruences. Monge y énonce un théorème qui peut s'exprimer comme il suit :

Soient D *et* R *deux volumes équivalents;* x, y, z *les coordonnées rectangulaires d'un point de* D, *et* u, v, w *celles d'un point de* R, *les déterminations de* u, v, w *en fonction de* x, y, z *rendant minimum l'intégrale*

$$(1)\qquad \iiint L\,dx\,dy\,dz \qquad \left[L=\sqrt{(u-x)^2+(v-y)^2+(w-z)^2}\right]$$

étendue au volume D, *sous la condition*

$$(2)\qquad \frac{D(u,v,w)}{D(x,y,z)}=1,$$

sont telles que les segments de projections $u-x$, $v-y$, $w-z$, *soient normaux à une famille de surfaces parallèles.*

Ce résultat peut être étendu au cas où, les volumes D et R ayant même masse avec des densités variables, on cherche à déterminer u, v, w de

façon à rendre minimum une intégrale de la forme

$$\iiint f(L)\,\varphi(x, y, z)\,dx\,dy\,dz \tag{3}$$

sous la condition

$$\frac{D(u, v, w)}{D(x, y, z)} = \varphi(x, y, z)\,\psi(u, v, w). \tag{4}$$

On trouve

$$\frac{u - x}{L} = \frac{1}{f'(L)}\frac{\partial U}{\partial x}, \qquad \frac{v - y}{L} = \frac{1}{f'(L)}\frac{\partial U}{\partial y}, \qquad \frac{w - z}{L} = \frac{1}{f'(L)}\frac{\partial U}{\partial z}. \tag{5}$$

Parmi les conséquences bien connues qu'on peut tirer de ces formules, je me borne à signaler la suivante : les segments $u - x$, $v - y$, $w - z$ sont, an point x, y, z, normaux à celle des surfaces $U = \text{const.}$ qui passe par ce point. Dans le cas considéré par Monge on a $f'(L) = 1$ et les surfaces $U = \text{const.}$ sont parallèles. On démontre ce résultat en suivant la méthode de calcul que j'ai indiquée dans le Tome 29 de la deuxième série des *Mémoires des savants étrangers*.

Comme, dans l'énoncé même du problème, on peut échanger évidemment x, y, z avec u, v, w; des formules analogues à (5) s'appliquent aussi aux points u, v, w.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Hémoclasie digestive et état du tonus neuro-végétatif*. Note de MM. F. **Widal**, P. **Abrami**, **Diaconescu** et **Gruber**.

Depuis que nous avons fait connaître l'épreuve de l'hémoclasie digestive, destinée à renseigner sur l'état d'une fonction spéciale du foie, à laquelle nous avons donné le nom de fonction protéopexique, certains auteurs se sont demandé si cette épreuve était réellement un procédé d'exploration hépatique, ou si elle ne permettait pas plutôt de tirer des indications sur l'état du tonus neuro-végétatif. D'après ces observateurs en effet, la leucopénie caractéristique de la crise hémoclasique serait l'indice d'un état de vagotonie ne permettant pas de préjuger de l'intégrité ou de l'altération fonctionnelle du foie.

Il est bon de remarquer tout d'abord que, à supposer même que la leucopénie de l'hémoclasie digestive soit une conséquence de l'excitation du

vague, la question du rôle dévolu au foie dans la production du phénomène ne saurait être résolue du même coup. Le problème est de savoir ce qui produirait cette excitation. Pour nous, elle est précisément déterminée par le passage, dans la circulation générale, de substances protéiques dont l'expérimentation a, depuis longtemps, établi que leur injection dans les veines provoque instantanément le choc leucopénique. L'excitation du vague, si c'est elle qui détermine la crise hémoclasique, ne serait que la conséquence de l'insuffisance protéopexique, qui, en permettant le libre passage dans la circulation de substances albuminoïdiques incomplètement désintégrées, permet du même coup la réaction du pneumogastrique.

Si la crise d'hémoclasie digestive était seulement le reflet d'un état d'hypertonie préalable du vague, comment comprendre les résultats opposés que fournit cette épreuve, suivant que les sujets sont des hépatiques ou ne le sont pas? Au cours de l'hépatisme avéré, chez des sujets atteints d'ictère toxique ou infectieux, de foie cardiaque, d'hépatites alcooliques, de cholécystites calculeuses avec réaction du foie, l'épreuve se montre en effet constamment positive; chez des sujets absolument normaux, ou chez des malades dont aucune des épreuves d'exploration hépatique ne permet d'incriminer une atteinte du foie, l'épreuve est, le plus souvent, négative. Il faudrait donc en conclure que les lésions du foie créent un état constant de vagotonie, et que cet état est exceptionnel en dehors de l'hépatisme.

Nous avons cependant tenu à serrer la question de plus près. Nous avons cherché à établir, chez un grand nombre de sujets, les relations qui existaient entre l'état de la fonction protéopexique du foie, explorée par l'épreuve de l'hémoclasie digestive, d'une part, et l'état du tonus neuro-végétatif, d'autre part. Ces sujets appartiennent à deux séries : d'un côté, les affections évidentes du foie, de l'autre, des états où le foie est cliniquement indemne et où l'examen des urines ne décèle ni pigments ou sels biliaires, ni urobilinurie anormale.

Pour explorer le tonus de ces sujets, nous avons eu recours aux réactifs classiques : recherche, à jeun, du réflexe oculo-cardiaque et du réflexe solaire; étude des réactions consécutives à l'injection intramusculaire de sulfate d'atropine (à la dose de 1^{mg}) et d'adrénaline (1^{mg} également). Ces différentes épreuves étaient pratiquées toujours à 24 heures d'intervalle au moins les unes des autres, de manière à laisser se rétablir le tonus neuro-végétatif normal.

Elles ont fourni les résultats suivants : Vingt malades, atteints d'affections du foie, forment la première série. Elle comprend : trois ictères catarrhaux; un ictère arsénobenzolique; une cholécystite calculeuse avec ictère; quatre foies cardiaques; deux gros foies alcooliques; une cirrhose spécifique avec ictère; une hépatite de cause indéterminée avec purpura; trois cirrhoses alcooliques atrophiques; une pneumonie avec subictère; deux coliques hépatiques avec subictère.

Chez tous ces sujets, l'épreuve de l'hémoclasie digestive, recherchée à trois reprises différentes, était franchement positive.

Or, sur ces vingt cas, trois fois seulement (un ictère catarrhal, une pneumonie avec subictère, une colique hépatique), nous avons pu déceler un état de *vagotonie* net, se traduisant par un réflexe oculo-cardiaque accentué et une insensibilité complète à l'atropine et à l'adrénaline. Une fois (foie cardiaque), il y avait *sympathicotonie*, avec inversion du réflexe oculo-cardiaque, réflexe solaire très énergique, tachycardie considérable à la suite des injections d'atropine et d'adrénaline. Dans seize cas, les différentes épreuves d'exploration du tonus ne permettaient de conclure d'une façon ferme ni dans un sens ni dans l'autre. Et, à cet égard, il nous a paru, comme à un grand nombre d'observateurs, qu'il était le plus souvent impossible, avec les tests dont dispose actuellement la clinique, et quand on ne veut pas exposer les sujets aux dangers des injections d'atropine, d'adrénaline ou d'isérine par voie veineuse, de pouvoir apprécier avec exactitude l'état général du tonus organo-végétatif.

La seconde série de nos sujets, non hépatiques, comprend : quatre individus normaux, deux convalescents de pleurésie séro-fibrineuse, deux de rhumatisme articulaire aigu, une angine aiguë, un goître exophtalmique, deux bronchites chroniques sans distension cardiaque, une sciatique, trois tabès, une insuffisance aortique rhumatismale, un cancer du rectum, un cas de pithyatisme, et deux néphrites hypertensives, sans azotémie; au total, vingt cas. Chez une seule de ces malades, l'hystérique, l'épreuve de l'hémoclasie digestive s'est montrée positive; il n'existait cependant aucun autre signe permettant d'incriminer une atteinte fonctionnelle du foie. Chez elle, également, existait un état d'hypervagotonie manifeste : le réflexe oculo-cardiaque était très fortement positif, de 88 à 60; l'injection d'atropine et d'adrénaline n'amenait aucune modification du pouls.

Chez les dix-neuf autres sujets, l'épreuve était par contre négative. Et, de même que dans la série des hépatiques, il n'existait aucun rapport entre cette négativité de la réaction et l'état du tonus neuro-végétatif. En effet, trois de ces sujets se comportaient en vagotoniques, avec un réflexe oculo-cardiaque fortement positif et une insensibilité à peu près complète à l'atropine et à l'adrénaline; quatre autres appartenaient au groupe des amphotoniques, avec un réflexe oculo-cardiaque positif, mais de vives réactions à l'adrénaline et de la tachycardie atropinique; chez les douze derniers, les réactions se montrèrent variables d'un jour à l'autre, ne permettant aucune conclusion.

Les résultats qui précèdent nous paraissent suffisamment démonstratifs. Ils montrent, ainsi qu'on pouvait s'y attendre par la seule confrontation des résultats obtenus par la simple épreuve de l'hémoclasie digestive chez les hépatiques et chez les normaux, qu'il n'existe pas de rapport obligé entre la réponse de cette épreuve d'une part, et l'état du tonus neuro-végétatif d'autre part. De même que l'hémoclasie digestive peut s'observer chez des sujets qui ne sont pas vagotoniques au moment où on la recherche, mais dont le foie est lésé, de même elle peut manquer chez des sujets franchement vagotoniques, mais dont le foie est indemne. Ce n'est donc pas un réactif du tonus organo-végétatif, mais une épreuve d'exploration de la fonction protéopexique du foie.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une méthode d'analyse harmonique des ondes de courants alternatifs par comparaison avec un alternateur-étalon polyharmonique.* Note de M. **André Blondel** (Extrait) (1).

J'ai montré dans de précédents Mémoires comment on peut réaliser d'une manière précise l'analyse harmonique des ondes des courants alternatifs à l'aide des galvanomètres vibrants avec réglage de résonance, avec ou sans l'aide de condensateurs ou de transformateurs. Cette méthode ne prête à aucune critique quand on essaie un alternateur tournant à une

(1) Document retiré du pli cacheté n° 8598, ouvert à la demande de l'auteur, en la séance du 9 mars 1925.

vitesse régulièrement constante (le régulateur de la machine motrice étant bloqué).

Il semble donc opportun de rechercher une autre méthode purement électrique pouvant s'appliquer à l'étude des réseaux à vitesses variables; le procédé que je vais décrire paraît devoir résoudre complètement le problème, en supposant, bien entendu, que les variations de vitesse sont relativement lentes, c'est-à-dire que leur période est de l'ordre de la période d'oscillation propre des alternateurs, et *a fortiori* de l'oscillation propre des alternateurs accouplés.

Dans ces conditions, on peut brancher sur le réseau un petit moteur synchrone, tournant à vide, avec la sécurité que, s'il est bien construit, ce moteur suivra synchroniquement toutes ces variations de vitesse lentes.

On accouplera d'une manière rigide à ce moteur l'arbre du rotor d'un petit alternateur synchrone spécial polyharmonique, c'est-à-dire donnant une onde de force électromotrice présentant toute la série des harmoniques supérieurs, avec une amplitude relativemeut plus grande que dans les alternateurs ordinaires; si l'on a soin que l'alternateur donne le même nombre d'alternances par tour que le moteur synchrone, on pourra trouver dans sa force électromotrice toute la série des harmoniques constamment en synchronisme avec les harmoniques du réseau à étudier qui alimente le moteur synchrone; et il n'y aura plus, par conséquent, qu'à tarer une fois pour toutes l'amplitude des divers harmoniques de l'alternateur dans les conditions d'excitation données (qui ne devront pas être modifiées) pour pouvoir employer l'alternateur comme source de comparaison qu'on mettra en opposition à la force électromotrice du réseau; on pourra amener en résonance successivement chacun des termes harmoniques résultant de la différence entre les forces électromotrices du réseau et de l'alternateur, et déterminer par une méthode potentiométrique l'annulation du courant dans le circuit de résonance, ce qui ramène la mesure à une méthode de zéro, perceptible par exemple par le son dans un téléphone.

Cela exige cependant d'autre part que la force électromotrice harmonique prise comme terme de comparaison soit mise exactement en opposition de phase avec celle qu'on veut mesurer; pour obtenir cette opposition de phase, on munira, par exemple, l'alternateur polyharmonique d'un stator, non pas fixe, mais mobile autour des paliers, et l'on donnera à ce

stator le calage angulaire qui rend le son dans le téléphone minimum pour l'harmonique en résonance. Le réglage de la position angulaire pourra se faire par roue dentée, ou mieux par vis sans fin si l'on veut étudier des harmoniques d'ordre très élevé.

L'alternateur polyharmonique sera taré préalablement à une vitesse rigoureusement constante, au moyen de la méthode du galvanomètre de résonance que j'ai décrite antérieurement, et l'on connaîtra par conséquent très exactement les rapports en pourcentage de l'amplitude des divers harmoniques par rapport à l'harmonique de l'onde fondamentale; une fois ces rapports connus, ils ne seront pas modifiés par les variations de vitesse, qui, d'autre part, agissent de la même manière et synchroniquement sur le réseau et sur l'alternateur A.

Un autre avantage de la méthode, c'est qu'elle est indépendante de toutes les pertes parasites (hystérésis diélectrique, effet Dolezalek dans les fils des bobines, etc.) qui peuvent se produire dans le circuit de résonance SPC, y compris le téléphone; on élimine ainsi toutes les causes d'erreur qui rendent si délicate et si peu sûre dans les conditions ordinaires l'analyse par résonance électrique.

Si l'on veut s'affranchir de toute difficulté, on peut remplacer le téléphone par un galvanomètre qu'on met en résonance sur la fréquence moyenne de l'harmonique à mesurer; on observe la courbe en étalant le spot sur une glace en verre dépoli au moyen d'un miroir tournant ou oscillant suivant le dispositif optique adopté dans les oscillographes. La courbe se présente alors comme une superposition de la sinusoïde fondamentale et d'une ondulation d'amplitude variable correspondant à l'harmonique étudié; ces ondulations s'enroulent autour de la courbe produite par la sinusoïde fondamentale, qui peut être légèrement déformée par l'ensemble des autres harmoniques, mais dans tous les cas l'harmonique étudié se voit très nettement. Il suffit de régler le potentiomètre jusqu'au moment où les ondulations que produit cet harmonique disparaissent complètement.

On réalise ainsi une méthode de zéro un peu spéciale puisque le zéro ne coïncide pas avec celui du galvanomètre, mais avec une courbe (1).

---

(1) A défaut de cette installation oscillographique, on peut encore réduire l'amplitude de l'harmonique fondamental et des harmoniques non étudiés en remplaçant le

On a décrit un type spécial d'alternateur polyharmonique. Une solution beaucoup plus simple consistera à remplacer cet alternateur par un contacteur tournant également entraîné par un petit moteur synchrone ou une petite commutatrice. Ce contacteur inversera périodiquement la tension d'une batterie d'accumulateurs de façon à produire une onde de force électromotrice alternative en forme de rectangles, dans laquelle il est possible de trouver toute la série des harmoniques de rang impair, dont on connaît même, par des considérations théoriques, la loi de décroissance des amplitudes en fonction de la tension continue de la batterie. On sera ainsi dispensé de tout étalonnage.

L'opposition de phase entre les harmoniques obtenus par ce moyen et ceux du réseau à étudier se réglera par simple déplacement du frotteur f monté à cet effet sur un cercle, qui peut même être gradué si on le désire.

M. A. Verschaffel, en envoyant à l'Académie les observations faites en 1920 et 1921 au Cercle méridien de l'Observatoire d'Abbadia, présente les remarques suivantes :

Nous avons publié en 1923 un Catalogue de 1343 étoiles fondamentales données dans les diverses Éphémérides : *Connaissance des Temps*, *Nautical*, *Jahrbuch*, *American Ephemeris*, etc.

Les positions publiées ont été tirées d'un ensemble de 12700 observations faites sur chacune des deux coordonnées Æ et δ. On a commencé les réductions par les méthodes employées précédemment. A un moment donné, on s'est aperçu qu'on ne pouvait utiliser les constantes instrumentales déterminées par le niveau ou le nadir. Nous avons tiré les constantes de réduction des observations elles-mêmes.

Nous nous étions déjà aperçus, avant de commencer les réductions des

---

téléphone par un monotéléphone réglable qu'on accorde sur la fréquence moyenne de l'harmonique à mesurer. La double résonance électrique et mécanique améliore la sélection.

Dans le même ordre d'idées, on peut également faire intervenir une transformation par transformateur interposé entre le circuit de résonance et le téléphone; le transformateur étouffe davantage les harmoniques inférieurs.

observations, que la Constante de la réfraction, qui sert de base aux tables de réfraction publiées dans la *Connaissance des Temps*, ne convenait pas au climat d'Abbadia. J'avais fait une correction empirique à ces tables, ne visant qu'à faire concorder nos résultats en déclinaison, *dans l'ensemble*, avec les Éphémérides, et à ne mettre en évidence que les écarts individuels des étoiles, ce qui était l'unique résultat auquel nous pouvions prétendre.

Toutes les réductions furent effectuées ainsi. Une comparaison, faite alors, de tous nos résultats avec les positions des Éphémérides, mit bien en évidence qu'il y avait encore à faire une correction fondamentale à nos réductions en déclinaison (voir le Tableau IX de l'Introduction au Catalogue des 1343 étoiles 1923).

On décida de chercher une Constante de la réfraction convenant au ciel d'Abbadia. C'est mon successeur, M. l'Abbé Calot, secondé par l'aide dévoué de tous ses collaborateurs, en tête desquels il faut nommer M. Joseph Exposito, qui a commencé ce gros travail et l'a mené à bonne fin en moins d'un an. Par des calculs patients, portant sur 714 fondamentales, dont les équations correspondantes ont été traitées par la méthode des moindres carrés, on a été conduit à la valeur moyenne de 60″,615 de la Constante de la réfraction, qui semble bien être la plus probable pour l'atmosphère un peu spéciale d'Abbadia. Ce serait donc à très peu près la Constante de Laplace et de Delambre (qui est de 66″,616). On sait que la *Connaissance des Temps*, après avoir utilisé pendant plus d'un siècle cette dernière constante, y a renoncé en 1915, pour adopter 60″,154 (Constante de Bauschinger). On peut noter qu'à Paris M. Lambert a trouvé 60″,874 et M. Gonnessiat à Alger 60″,200.

On a repris, sur cette base de 60″,615, les réductions des 1343 étoiles du Catalogue d'Abbadia, en renonçant cette fois aux corrections empiriques employées depuis quelques années. Il en est résulté des modifications sensibles dans les déclinaisons de nos étoiles. Il faut ajouter que des études postérieures à la publication de ce Catalogue, études portant à la fois sur la flexion et la réfraction, avaient montré que la flexion pouvait être regardée comme exacte, et que c'était bien la Constante de la Réfraction qui devait être incriminée. Quand on parle de cette constante, il s'agit d'ailleurs d'une *valeur moyenne* pour un Observatoire déterminé, car aujourd'hui les astronomes semblent être d'accord pour admettre que la Constante de Réfrac-

tion varie en un lieu donné avec les azimuts et avec les saisons, qu'elle varie même souvent d'un instant à l'autre.

M. **Émile Picard** fait au sujet de la Communication ci-dessus l'observation suivante :

En transmettant la Note de notre éminent Correspondant, je tiens à rendre hommage au zèle intelligent et au dévouement avec lesquels M. l'Abbé Verschaffel a dirigé pendant vingt-cinq ans notre Observatoire d'Abbadia. Servi par son admirable ingéniosité, il a réussi, avec des moyens très limités et sous un ciel assez peu favorable aux observations, à faire de l'Observatoire de l'Académie un établissement dont les publications comptent dans le monde astronomique. Il a su aussi former des continuateurs de son œuvre, qui reste en bonnes mains avec M. l'Abbé Calot et ses dévoués collaborateurs.

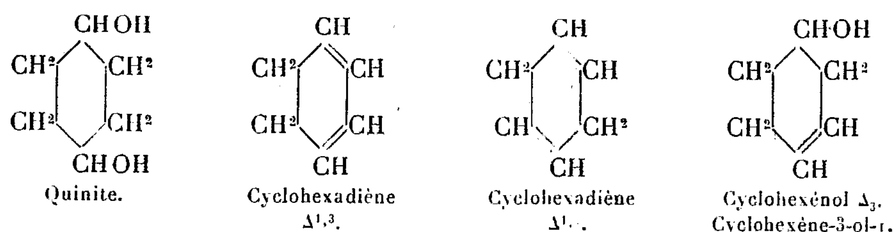
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des cyclohexénols par déshydratation catalytique des cyclohexanediols.* Note [1] de M. **J.-B. Senderens.**

I. Dans une Communication précédente [2] j'ai montré que les cyclohexanediols chauffés avec 3 à 4 pour 100 en volume d'hydrate sulfurique $SO^4H^2 + 3H^2O$ se déshydratent en donnant les cyclohexadiènes mêlés d'un résidu qui, dans mes expériences, s'élevait à 3 pour 100 pour la résorcite et à 8 pour 100 pour la quinite. La réaction se faisait dans un ballon communiquant avec un refrigérant Liebig au moyen d'un tube recourbé dont la branche ascendante avait une vingtaine de centimètres de hauteur (*dispositif* A). J'ai constaté plus tard que le résidu laissé par les cyclohexadiènes était plus abondant avec une branche ascendante plus courte, et que ce résidu était en majeure partie du cyclohexénol. C'est ce qui m'a amené à remplacer le ballon par une cornue tubulée munie d'un thermomètre plongeant dans le liquide et dont le col était relié par un réfrigérant

(1) Séance du 9 mars 1925.
(2) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1183.

au flacon destiné à recevoir les produits de la réaction (*dispositif* B). Avec cet appareil les deux cyclohexanediols, quinite et résorcite, ont fourni, en même temps que les cyclohexanediènes, une quantité notable et même prépondérante de cyclohexénols ou tétrahydrophénols, dans les conditions qui vont être exposées.

II. *Cyclohexénol dérivé de la quinite.* — La déshydratation de la quinite laisse prévoir, par perte de deux molécules d'eau, les deux cyclohexadiènes $\Delta^{1,3}$ et $\Delta^{1,4}$, tandis que, par perte d'une molécule, elle ne donnerait lieu qu'à un seul cyclohexénol Δ_3, d'après les schémas suivants :



Quinite. Cyclohexadiène $\Delta^{1,3}$. Cyclohexadiène $\Delta^{1,4}$. Cyclohexénol Δ_3. Cyclohexène-3-ol-1.

Le dispositif A fournit en majeure partie les carbures $\Delta^{1,3}$ et $\Delta^{1,4}$, tandis qu'avec le dispositif B le cyclohexénol est prépondérant. En mêlant, en effet, 3^{cm^3} de $SO^4H^2 + 3H^2O$ à 100^g de quinite fondue, dans une cornue, on voit, dès la température de 150°, le mélange entrer en ébullition et l'on recueille un liquide qui, séparé de l'eau et séché sur le carbonate de potasse, a donné à une première distillation pour 200^{cm^3} :

(*a*)	82°-90°	62 cm³	cyclohexadiènes $\Delta^{1,3}$ et $\Delta^{1,4}$
(*b*)	90-160	20	
(*c*)	160-168	113	cyclohexénol
	Résidu	5	
		200	

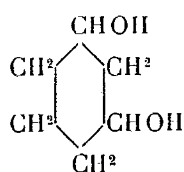
En fractionnant de nouveau les portions (*b*) et (*c*), j'ai obtenu 108^{cm^3} de cyclohexénol bouillant à 165°-166° corr., $H = 750^{mm}$. Ce cyclohexénol, chauffé avec $SO^4H^2 + 3H^2O$ dans le dispositif A, se transforme totalement en eau et cyclohexadiènes. On s'explique dès lors qu'avec ce dispositif A la quinite ne donne guère que des carbures, le cyclohexénol qui se forme retombant dans la masse, tandis qu'avec le dispositif B il est en majeure partie entraîné hors de la cornue et échappe à la déshydratation.

Ce cyclohexénol a été caractérisé par son phényluréthane que j'ai d'abord préparé en chauffant *au bain-marie*, durant une heure, un mélange de 6^{cm^3}

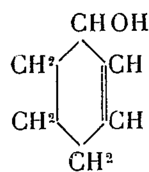
de cyclohexénol et de 6^{cm^3} d'isocyanate de phényle. Il est préférable de chauffer *au bain de sable* ce mélange qui, arrivé à une certaine température, manifeste une très vive réaction terminée après quelques minutes avec la formation du phényluréthane, lequel se détruit si la température continue à s'élever. Ce phényluréthane est soluble à froid dans l'alcool, l'éther et la benzine; il se dissout à chaud dans la *benzine de pétrole*, d'où il se dépose par refroidissement en longues aiguilles prismatiques fusibles à 79°.

Préparé aisément, comme on vient de le voir, par la déshydratation incomplète de la quinite, le cyclohexénol Δ_3 ou cyclohexène-3-ol-1 est un liquide incolore, légèrement huileux. Sa densité $D^{10°} = 0,993$. Il bout à 165°-166° corr. et son phényluréthane fond à 79°. Ce sont sensiblement les constantes physiques assignées par Bæyer au cyclohexénol qu'il avait obtenu en chauffant l'éther monoiodhydrique de la quinite avec la quinoléine (¹). Le cyclohexénol Δ_3 a une odeur qui rappelle celle du cyclohexène dont il reproduit les réactions caractéristiques. C'est ainsi qu'une goutte additionnée d'acide sulfurique en solution alcoolique fournit, comme le cyclohexène, une coloration jaune, tandis que dans les mêmes conditions le cyclohexadiène donne un violet rouge intense. Il décolore instantanément le permanganate de potasse. En vertu de sa fonction alcoolique il fournit des éthers-sels. Son *éther acétique* que j'ai préparé au moyen de l'anhydride acétique est un liquide d'odeur agréable bouillant à 178°-180° corr. avec une légère décomposition, qui décolore le permanganate de potasse et qui, avec la solution alcoolique d'acide sulfurique, donne, comme le cyclohexénol, une coloration jaune, quoique moins intense.

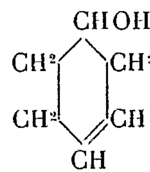
III. *Cyclohexénol dérivé de la résorcite.* — L'inspection du schéma de la résorcite semblerait indiquer qu'elle peut, par perte d'une molécule d'eau, donner lieu aux deux cyclohexénols ci-dessous :



Résorcite.



Cyclohexénol Δ_2.
Cyclohexène-2-ol-1.



Cyclohexénol Δ_3.
Cyclohexène-3-ol-1.

(¹) Bæyer, *Ann. Chim.*, 278, 1894, p. 97.

Le cyclohexénol Δ_2 a été obtenu par M. Brunel en partant du dibromure de son éther-oxyde, lequel, par une solution aqueuse de HI saturée à 0°, donne du dibromocyclohexanol qui, traité en solution alcoolique par la poudre de zinc, fournit le cyclohexénol Δ_2, liquide incolore, bouillant à 164°-165°, dont le phényluréthane fond à 108° (1).

Ne pouvant se différencier par leurs points d'ébullition qui sont identiques, les cyclohexénols Δ_3 et Δ_2 se distinguent nettement par leurs phényluréthanes dont les points de fusion sont 79° pour le premier et 108° pour le second.

En déshydratant la résorcite par $SO^4H^2 + 3H^2O$ dans le dispositif B, il semble qu'on devait s'attendre à avoir un mélange des deux cyclohexénols lesquels auraient fourni un mélange de deux phényluréthanes avec un point de fusion correspondant à ce mélange.

Or c'est exactement à 79° qu'a fondu le phényluréthane du liquide bouillant à 165°-166° provenant de la déshydratation de la résorcite, d'où il a fallu conclure que, par perte d'une molécule d'eau, la résorcite donne le cyclohexénol Δ_3 à l'exclusion du Δ_2.

En même temps, par perte de $2H^2O$, il se fait, mais en bien moindre quantité, les deux cyclohexadiènes $\Delta^{1,3}$ et $\Delta^{1,4}$. Mais, comme je l'ai dit (2), le cyclohexadiène $\Delta^{1,3}$ est en proportion 5 fois plus grande que le $\Delta^{1,4}$, ce qui pourrait expliquer la formation exclusive du cyclohexénol Δ_3.

IV. Le schéma de la *pyrocatéchite* indiquerait que, par perte d'une molécule d'eau, elle devrait donner uniquement le cyclohexénol Δ_2 (cyclohexène-2-ol-1). Malheureusement la déshydratation de la pyrocatéchite qui est extrêmement pénible dans le cas de la préparation du cyclohexadiène correspondant (3) a résisté aux tentatives que j'ai faites pour obtenir le cyclohexénol.

---

(1) Brunel, *Comptes rendus*, **141**, 1905, p. 1339.

(2) J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1185.

(3) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1184.

GÉOLOGIE. — *Sur le rôle des volcans secondaires dans le Massif des Monts Dore durant les périodes glaciaires. Le volcan-verrou de Saint-Pierre-Colamine (Puy-de-Dôme).* Note (¹) de M. **Ph. Glangeaud.**

J'ai indiqué à maintes reprises que chacun des *quatre groupes volcaniques principaux* constituant le Massif des Monts Dore comprenait un grand nombre de volcans secondaires, édifiés successivement et groupés suivant des lignes de fractures sur les flancs d'un appareil éruptif dominé par une (Sancy, Aiguiller) ou plusieurs (Banne d'Ordanche) bouches maîtresses.

Ces volcans secondaires, très polymorphes (dômes, coulées-dômes, volcans à cratère) en raison de la variété des laves émises, ont joué un rôle important dans la répartition des dépôts morainiques et la distribution des vallées, généralement glaciaires, qui entaillent profondément l'édifice volcanique. Ce rôle et les dépôts glaciaires avec lesquels ils sont en relation étaient, jusqu'ici, complètement inconnus.

Nécessairement, les premiers glaciers s'étendirent à la partie inférieure des névés entourant la bouche centrale, entre les volcans secondaires qui émergeaient à travers la calotte de glace divisée par ces volcans en une série de lobes de plus en plus nombreux à la périphérie.

Les volcans secondaires ne se bornèrent pas à diviser les glaciers, mais déterminèrent également, avec les coulées qui en étaient issues, l'emplacement des premières vallées glaciaires qui fut généralement et définitivement fixé, car elles s'encaissèrent peu à peu dans les flancs des édifices suivant les lignes de plus grande pente.

En outre, les cônes de scories furent rapidement balayés et le culot cratérique apparut en relief, jouant le rôle de butoir ou de verrou, qui ne tarda pas à être moutonné à l'amont et parfois sur les flancs, contre lesquels vinrent s'accumuler des matériaux morainiques entraînés par le glacier.

Beaucoup de culots cratériques des Monts Dore, de même que certains dômes et dômes-coulées furent ainsi moutonnés, et parfois complètement enfouis sous la nappe de glace qui abandonnait des blocs morainiques de

---

(¹) Séance du 9 mars 1925.

grande taille sur leurs parties les plus élevées. Ce dernier cas s'observe notamment à Vassivières, au Roc de l'Aigle, au Puy Serveix, etc.

C'est donc en ces points, dominant les plateaux, qu'il faut rechercher les *plus vieilles moraines*, dont l'altitude donne une idée parfois assez précise de la hauteur minimum à laquelle s'est élevé le glacier qui les a déposées et de la puissance de ce dernier. J'ai montré qu'il y eut, au moins 3 *phases glaciaires* dans cette région, correspondant vraisemblablement aux phases mindélienne, rissienne et wurmienne des Alpes. Par suite des creusements glaciaires successifs, les vallées furent dominées de plus en plus par les culots et les dômes primitifs, avec leur cortège de vieilles moraines suspendues. Aussi observe-t-on généralement à partir de la base amont, des culots cratériques, ou des dômes, 3 *séries de moraines*, étagées sur le flanc et le fond des vallées, où l'on voit surgir quelquefois des verrous représentant des culots cratériques *plus anciens*, restes des volcans secondaires enfouis sous des projections et des laves et réapparaissant au jour par érosion.

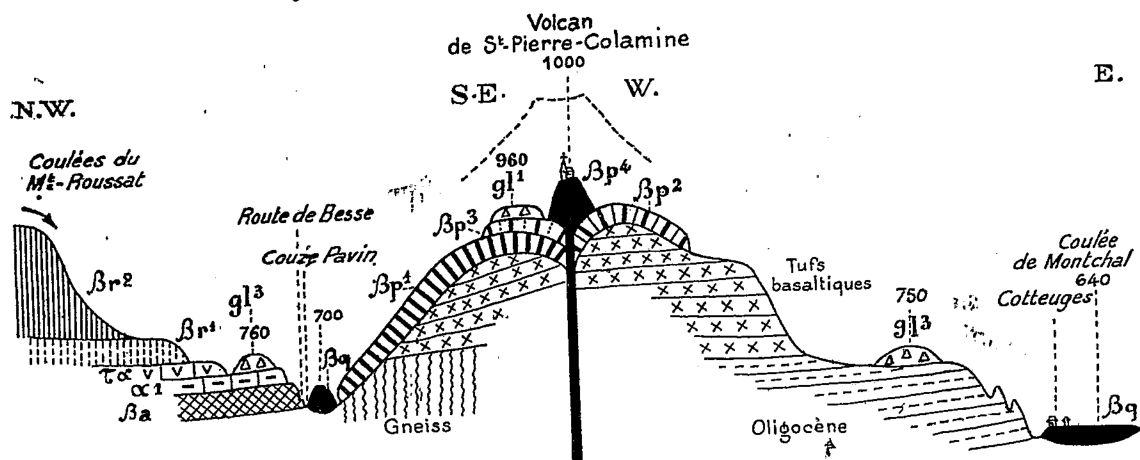
Parmi les plus intéressants de ces volcans secondaires, en relation avec des moraines, je citerai, dans le volcan du Sancy, où ils sont les plus fréquents, en raison de l'altitude élevée primitive de cet édifice (2500^{m}) : le *mont Pouget* (1577^{m} trachy-andésite), le cône curieux de *Courlande* (1497^{m}, labradorite téphritique) moutonnés à l'amont par les glaciers de la plus ancienne glaciation, le *mont Bazet* (1271^{m}, labradorite téphritique) qui se dressent au-dessus de la vallée wurmienne de Reboison.

Les dômes-coulées digités jumeaux et trachy-andésitiques de *Charlannes et de Charbonnières* (1200^{m}) furent d'abord submergés par un glacier issu de Cliergue et de la montagne de Bozat, qui recouvrit aussi le plateau de Charlannes dominant la Bourboule de multiples et énormes blocs de trachy-andésite et de trachy-phonolite. Le glacier creusa ensuite entre les deux dômes une petite vallée glaciaire, remblayée aujourd'hui par une moraine. Le *Puy Lafond* (1189^{m}) est un beau butoir basaltique qui a divisé en deux autres les lobes de glace descendant des régions précitées. Sa partie amont est encore couverte de blocs morainiques de trachy-andésite de grande taille.

La *Roche Vendeix* (neck d'andési-labradorite) qui s'élève au sud de la Bourboule a joué également le rôle de verrou glaciaire et présente en amont,

à peu de distance de son sommet, un placage morainique suspendu avec blocs de trachy-phonolite.

Près du lac Pavin, le *Puy de Pertuzat* (1301^m, andésite) a été moutonné par les glaciers, de même que le *Puy Serveix* et surtout le *mont Redon* (à l'est de Besse, 1802^m), qui constitue un culot basaltique imposant, presque entièrement *enveloppé* par des moraines faisant suite à celles qui descendent des hauteurs du Puy Ferrand.



Coupe à travers le volcan de Saint-Pierre-Colamine et ses abords.

βp^1, βp^2, βp^3, coulées de basalte; βp^4, neck; βa, α^1, $\tau\alpha$, basalte, andésite et trachy-andésite des Monts Dore; βr^1, βr^2, coulées de basalte du mont Roussat; βq, coulée basaltique quaternaire de Montchal; gl^1, glaciaire ancien; gl^3, glaciaire récent (Wurmien).

Je signalerai aussi, en dehors du volcan du Sancy, le dyke célèbre (trachyphonolite à haüyne) de la *Roche Sanadoire* (1288^m) qui représente un énorme filon ou la base d'un culot cratérique, mis fortement en relief sur 200^m de haut par une érosion au moins, en partie glaciaire, ainsi que le prouvent les restes de moraines que j'ai découvertes à l'est, près du sommet, et les deux cirques glaciaires plus récents qui s'étagent sur ses versants nord et ouest.

Il faut faire une mention spéciale à un volcan plus intéressant encore comme verrou glaciaire. Je veux parler du *volcan de Saint-Pierre-Colamine*, situé à 4^{km} à l'est de Besse. Vu des environs de cette localité, il se dresse (altitude 1000^m) au-dessus de l'horizon de la Limagne et l'on ne s'explique

pas tout d'abord l'existence de cette pyramide de 300^m de haut (couronnée par une vieille église), dominant directement la vallée de la Couze Pavin, dont le thalweg est occupé par la longue coulée quaternaire supérieur du volcan de Montchal.

La partie élevée de cette pyramide représente un neck basaltique de 40^m de haut (mis en relief par l'érosion en partie glaciaire) d'où partent quatre coulées de basalte, riche en titanaugite, en relation avec des tufs basaltiques constituant un escarpement dans lequel sont creusées des grottes très anciennes (grottes de Jonas).

Le volcan de Saint-Pierre est édifié sur une fracture de direction N-NO limitant deux compartiments, l'un gneissique, l'autre oligocène. Les coulées sud et nord-ouest qui reposent sur des gneiss sont recouvertes à l'altitude 960^m, par un dépôt morainique renfermant des blocs de gneiss à cordiérite d'andésite et de trachy-phonolite des Monts Dore, moraine qui se rattache aux dépôts glaciaires supérieurs amont des environs de Besse et du mont Redon.

Sur le flanc Nord-Est de la colline on observe, à l'attitude 750 : un *dépôt morainique inférieur plus récent*, correspondant à la *glaciation wurmienne*, dépôt se reliant à un autre lambeau glaciaire situé sur deux coulées d'andésite issues du flanc Est du Sancy et en relation avec d'autres coulées dont la coupe ci-contre montrera tout l'intérêt, car ces laves des Monts Dore sont recouvertes par des coulées de basalte à enclaves granitiques et gneissiques du *volcan voisin de Roussat,* formant des à-pics prismés de 80^m de haut.

La succession éruptive relevée sur la rive gauche de la Couze Pavin appartient donc au moins à trois volcans différents. Cet exemple, qui est fréquent, montre combien il faut être prudent, quand on relève dans un Massif volcanique une succession de coulées superposées, car elles peuvent appartenir à plusieurs centres éruptifs.

En résumé, la topographie actuelle du volcan du Sancy a été généralement imposée par les nombreux volcans secondaires qui se dressèrent successivement sur ses flancs, et qui labourés et démantelés par les glaciers ont été fortement mis en relief par ces derniers.

M. H. **Le Chatelier** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Science et Industrie*.

ÉLECTIONS.

Par 51 suffrages contre 2 à M. *Louis Boutan*, 2 à M. *Charles Janet* et 1 à M. *Louis Vialleton*, M. **René Kœhler** est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la place d'astronome titulaire, vacante à l'Observatoire de Paris.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

Sir **John Russell**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Luc Picart**, élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. A. **Fowler**, Secrétaire général de l'*Union astronomique internationale*, transmet à l'Académie le programme de la réunion qui se tiendra à Cambridge du 14 au 22 juillet prochain.

M. le **Secrétaire général** du *XXe Congrès national des Pêches et Industries maritimes* invite l'Académie à se faire représenter à cette assemblée, qui se tiendra, à Bordeaux, au mois de septembre prochain.

M. E. SCHRIBAUX prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *L. Maquenne.*

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le fascicule LXIX des Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco : *Copépodes particulièrement bathypélagiques provenant des campagnes scientifiques du Prince Albert Ier de Monaco*, par G. O. SARS. (Présenté par M. Ch. Gravier.)

2° *Notations et formules vectorielles*, par A. LAFAY. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

3° *Icones selectae fungorum*, par P. KONRAD et A. MAUBLANC (Préface de RENÉ MAIRE). (Présenté par M. L. Mangin.)

4° *The Production and Measurement of Low Pressures*, by F. H. NEWMAN.

5° *Cosmographie et Navigation*, par C. CORNET. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

6° *Sur la théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre d'une seule fonction inconnue*, par N. N. SALTYKOW. (Présenté par M. P. Appell.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les nombres de Fermat.* Note de M. KRAÏTCHIK, présentée par M. d'Ocagne.

On appelle nombres de Fermat les nombres de la forme

$$F_n = 2^{2^n} + 1.$$

Euler (1732) a prouvé que ces nombres peuvent être composés, contrairement à ce que croyait Fermat. Gauss (1801) a démontré que seuls les polygones réguliers dont le nombre de côtés est de la forme 2^k. F, F', F'', ... sont inscriptibles géométriquement F, F', F'', ... étant des nombres premiers de Fermat.

Des recherches systématiques sur les nombres de Fermat sont dues

à Pervouchine (1), Seelhoff (2), Cunningham (3) et Western (4).

Nous avons aussi poursuivi de telles recherches. A cet effet nous avons examiné :

a. Tous les nombres premiers de la forme $512K+1$ inférieurs à 10^7;

b. Tous les nombres premiers de la forme $K2^n+1=N$ avec $10^8<N<10^{12}$ et $1\leq K<100$ (5).

Nous n'avons ainsi trouvé aucun diviseur des nombres de Fermat, en dehors de ceux qui sont connus.

Mais, en élargissant les limites de K, nous venons d'étudier les nombres

$$K2^n+1=N,$$

avec

$$10^8<N<10^{12} \qquad \text{et} \qquad 1\leq K<1000.$$

Entre ces limites nous avons relevé 6668 nombres dont 572 sont premiers, et, parmi ces 572 nombres premiers, un seul qui soit diviseur de nombre de Fermat; c'est le nombre

$$N=579\times 2^{21}+1=1214251009,$$

diviseur de

$$F_{15}=2^{2^{15}}+1.$$

(On a fait abstraction du nombre $5.2^{25}+1$, diviseur de F_{23}, résultat trouvé par Pervouchine.)

Ceci nous engage à résumer les résultats connus jusqu'à ce jour dans le tableau qui suit :

1° F_n est premier pour $n=0, 1, 2, 3, 4$;

2° Facteurs de F_n.

---

(1) *Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, 25, 1878-1879, p. 63.

(2) *Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 31, 1886, p. 170-174.

(3) *The Messenger of Mathematics*, 37, septembre 1907, p. 65-83.

(4) *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2e série, I, 3e partie, 1904, p. 175.

(5) M. Kraïtchik, *Recherches sur la théorie des nombres*. Paris, Gauthier-Villars, 1925, p. 11, 13, 30, 31, 53, 192-204, 268.

n.	Facteurs de F_n.	Auteurs.	Date.
5....	$F_5 = 641 \times 6700417$	Euler	1732
6....	$F_6 = 274177 \times 67280421310721$	Landry	1880
7.... 8....	Composés, mais on n'en connaît pas les facteurs.	Morehead, Western	1909
9....	$37.2^{16}+1$	Western	1903
11....	$39.2^{13}+1$ $119.2^{13}+1$	Cunningham	1899
12....	$7.2^{14}+1$	Pervouchine, Lucas	1878
	$397.2^{16}+1$	Western	1903
	$973.2^{16}+1$	Western	1903
15....	$579.2^{21}+1$	Kraïtchik	1925
18....	$13.2^{20}+1$	Western	1903
23....	$5.2^{25}+1$	Pervouchine	1878
36....	$5.2^{39}+1$	Seelhoff	1886
38....	$3.2^{41}+1$	Cullen, Cunningham Western	1903
73....	$5.2^{75}+1$	Morehead	1905

GÉOMÉTRIE. — *Sur une représentation des surfaces.* Note de M. G.-Y. **Rainich**, présentée par M. Hadamard.

1. En poursuivant à l'aide de la méthode vectorielle des recherches dans le domaine de la Physique théorique, je suis parvenu à une représentation des surfaces réelles ordinaires qu'on peut considérer comme une généralisation de la représentation des surfaces minima par les formules de Weierstrass. Je donnerai ici les formules finales détachées de la méthode vectorielle. Il est intéressant de remarquer que O. Bonnet a proposé en 1860 un système de variables semblable à celui qui est employé dans ce qui suit, sans arriver, toutefois, à une représentation intégrale.

2. Considérons dans un plan un système de coordonnées rectangulaires x, y, et dans l'espace un pareil système X, Y, Z. Dans le plan considérons trois fonctions a, b, c assujetties aux conditions

$$\left(\frac{\partial a}{\partial y} - \frac{\partial b}{\partial x}\right)(1 + x^2 + y^2) + 2(a + c)\,y = 0,$$
$$\left(\frac{\partial c}{\partial x} - \frac{\partial b}{\partial y}\right)(1 + x^2 + y^2) + 2(a + c)\,x = 0,$$
$$\left(\frac{\partial a}{\partial y} - \frac{\partial b}{\partial x}\right)x = \left(\frac{\partial c}{\partial x} - \frac{\partial b}{\partial y}\right)y.$$

En vertu de ces équations, les expressions sous les signes intégraux dans

$$X = \int (a\,dx + b\,dy)\frac{1 - x^2 + y^2}{2} - (b\,dx + c\,dy)\,xy,$$

$$Y = \int (b\,dx + c\,dy)\frac{1 + x^2 - y^2}{2} - (a\,dx + b\,dy)\,xy,$$

$$Z = \int (a\,dx + b\,dy)\,x + (b\,dx + c\,dy)\,y$$

sont des différentielles exactes et ces intégrales représentent une surface.

3. Les coefficients de la première forme différentielle de cette surface sont

$$E = \lambda^2(a^2 + b^2), \qquad F = \lambda^2(a + c)\,b, \qquad G = \lambda^2(b^2 + c^2),$$

où $\lambda = 1 + x^2 + y^2$, et pour les coefficients de la seconde forme, nous trouvons simplement $D = a$, $D' = b$, $D'' = c$, de sorte que, pour la courbure totale et la courbure moyenne, nous avons respectivement

$$K = \frac{1}{\lambda^4(ac - b^2)}, \qquad M = \frac{a + c}{\lambda^2(ac - b^2)}.$$

Les équations (1) sont les équations de Codazzi pour la surface représentée par les formules (2).

4. Chaque surface, ou portion de surface, sur laquelle la courbure totale ne devient pas nulle, peut être représentée par les formules (2). En particulier, si la courbure moyenne est nulle, les équations (1) prennent la forme

$$\frac{\partial a}{\partial y} = \frac{\partial b}{\partial x}, \qquad \frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial b}{\partial y} = 0,$$

et l'on peut considérer $a - bi$ comme une fonction analytique de la variable complexe $x + yi$. Les formules (2) se réduisent dans ce cas aux formules connues de Weierstrass pour les surfaces minima.

Si $b = 0$, $c = a$, nous avons

$$\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{4ay}{1 + x^2 + y^2} = 0, \qquad \frac{\partial a}{\partial x} + \frac{4ax}{1 + x^2 + y^2} = 0,$$

d'où $a(1 + x^2 + y^2)$ est égale à une constante ρ; cela signifie que la courbure totale est constante; nous avons une sphère de rayon ρ.

5. En ajoutant les valeurs des a, b, c correspondant à deux surfaces diffé-

rentes, nous obtenons trois nouvelles fonctions qui satisfont aux équations (1), puisque ces équations sont linéaires et homogènes. Si, en particulier, nous appliquons cette remarque à une sphère et une surface minima, nous obtiendrons les formules pour une surface à courbure moyenne constante.

6. Les formules de cette Note peuvent être généralisées sans difficulté pour représenter une hypersurface à n dimensions dans l'espace euclidien à $n+1$ dimensions. Les équations (1) deviennent

$$\frac{\partial \lambda a_{ij}}{\partial x_k} - \frac{\partial \lambda a_{ik}}{\partial x_j} = (\delta_k^i a_{\rho j} - \delta_j^i a_{\rho k}) x^\rho,$$

$$x^\rho \left(\frac{\partial a_{\rho j}}{\partial x_k} - \frac{\partial a_{\rho k}}{\partial x_j} \right) = 0,$$

où $\lambda = \frac{1 + x_\rho^2}{2}$ et les indices grecs indiquent la sommation. La représentation paramétrique est

$$X^i = \int (\lambda a_{i\rho} - x^i x^\sigma a_{\rho\sigma}) \, dx^\rho, \qquad Z = \int a_{\rho\sigma} x^\sigma \, dx^\rho.$$

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur un espace métrique universel.* Note (1) de M. **Paul Urysohn**.

1. Le but de la présente Note est de construire un espace métrique séparable U (2) qui soit *universel*, c'est-à-dire qui contienne une *image isométrique* (3) de tout espace métrique séparable. C'est en généralisant un

---

(1) Séance du 2 février 1925.

(2) La notion d'*espace métrique* [= classe (D)] est due à M. Fréchet (voir par exemple *Ann. Éc. Norm.*, 3e série, 38, 1921, p. 341 et suiv.); on entend par là un ensemble abstrait E où la *distance* $\rho(a, b)$ entre deux éléments quelconques (*points* de l'espace métrique) est définie de façon qu'on ait

$$\rho(a, a) = 0 < \rho(a, b) = \rho(b, a) \leq \rho(a, c) + \rho(b, c),$$

quel que soit le troisième point c. Un espace métrique est dit *séparable* s'il y existe un ensemble partout dense, au plus dénombrable.

(3) Nous dirons que l'ensemble E_0 (situé dans l'espace métrique R) est une *image*

problème posé par M. Fréchet [1] que l'auteur est parvenu aux résultats ci-dessous.

2. *Construction de l'espace* U. — Soient $Q_1, Q_2, \ldots, Q_n, \ldots$ tous les systèmes formés d'un nombre fini quelconque de nombres positifs rationnels. Soit en conséquence $Q_n = [r_1^{(n)}, r_2^{(n)} \ldots, r_{p_n}^{(n)}]$. Nous supposons (ce qui est toujours possible) qu'on ait $p_1 = 1$, $p_n < n$ si $n > 1$ (cette supposition est importante pour la démonstration des propositions qui vont suivre).

Nous désignons par U_0 l'espace métrique formé d'une infinité dénombrable d'éléments $a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots$ avec la définition de distance ci-dessous.

Nous commençons par poser $\rho(a_1, a_1) = 0$. Supposons que les nombres positifs (ou nuls) $\rho(a_i, a_k)$ sont déjà définis quels que soient $i, k \leqq n$. Posons $\rho(a_{n+1}, a_{n+1}) = 0$ et considérons le système $Q_n = [r_1^{(n)}, r_2^{(n)}, \ldots, r_{p_n}^{(n)}]$.

En posant, pour simplifier l'écriture, $p_n = q$, $r_i^{(n)} = \rho_i (i \leqq q)$, on n'a que deux cas à considérer :

a. Une au moins des inégalités

$$(\Delta) \qquad |\rho_i - \rho_k| \leqq \rho(a_i, a_k) \leqq \rho_i + \rho_k \qquad (i, k \leqq q)$$

ne se trouve pas vérifiée. Nous dirons alors que Q_n est irrégulier et nous définirons

$$(1) \qquad \rho(a_{n+1}, a_j) = \max_{i, k \leqq n} \rho(a_i, a_k),$$

quel que soit $j \leqq n$.

b. Toutes les inégalités (Δ) sont vérifiées. Nous dirons alors que Q_n est régulier et nous poserons

$$(2) \qquad \rho(a_{n+1}, a_j) = \min_{\lambda \leqq q} \{ \rho(a_j, a_\lambda) + \rho_\lambda \},$$

quel que soit $j \leqq n$. Cette définition donne en particulier, pour tout $j \leqq q$, l'inégalité

$$(3) \qquad \rho(a_{n+1}, a_j) = \rho \cdot.$$

---

isométrique de l'espace métrique E s'il existe entre les points de E_0 et de E une correspondance biunivoque et n'altérant pas les distances mutuelles des points (« correspondance ou transformation isométrique »). Nous dirons parfois dans ce cas que E et E_0 sont *congruents*.

[1] *L'expression la plus générale de la « distance » sur une droite* (*American Journal of Mathematics*, 47, 1925, p. 10.

Un calcul facile montre que l'ensemble U_0 de tous les « points » a_1, a_2, ..., a_n, avec la distance adoptée, forme bien un espace métrique.

Désignons enfin par U l'espace métrique *complet* [1] contenant U_0 comme sous-ensemble partout dense.

3. *Propriétés de l'espace* U. — 1° U est, bien évidemment, *séparable* et *complet*.

2° Pour voir que U est *universel*, il faut démontrer le lemme suivant :

Supposons donné un système fini de points $x_1, x_2, \ldots, x_s$ de U et des nombres positifs quelconques $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_s$, tel qu'on ait

$$|\alpha_i - \alpha_k| \leqq \rho(x_i, x_k) \leqq \alpha_i + \alpha_k.$$

Il existe alors dans U un point y tel que $\rho(y, x_i) = \alpha_i$ $(i \leqq s)$.

La démonstration de ce lemme se réduit (par un calcul un peu long mais sans aucune difficulté sérieuse) au cas particulier où les points $x_1, x_2, \ldots, x_s$ sont les points $a_1, a_2, \ldots, a_s$ de U_0 et les nombres α_i sont rationnels. Mais dans ce cas, le système $Q_\nu = [\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_s]$ est régulier et $a_{\nu+1}$ est le point désiré. Pour démontrer que U est universel, il suffit évidemment de prouver que tout espace E séparable et *complet* est congruent à un certain sous-ensemble E_0 de U. Soit D un ensemble dénombrable dense dans E; en se basant sur notre lemme, on obtient facilement une représentation isométrique de D sur un ensemble dénombrable $D_0 \subset U$. Or, les deux espaces E et U étant complets, il suffit de poser $E_0 = D_0 + D'_0$.

3° U *est homogène* en ce sens que, les ensembles finis et congruents A et B (situés dans U) étant quelconques, il existe une représentation isométrique de U sur lui-même transformant A en B.

Il suffit de construire, pour le voir, deux ensembles dénombrables $A_\omega \supset A + U_0$, $B_\omega \supset B + U_0$ qui soient congruents; or cela se fait sans peine (en tenant toujours compte du lemme fondamental).

On démontre enfin, toujours par les mêmes méthodes, le théorème d'unicité suivant.

4° *Tout espace métrique universel* V *qui est séparable, complet et homogène,*

---

[1] = vérifiant le principe de convergence de Cauchy, un espace métrique complet est univoquement déterminé par la connaissance d'un quelconque de ses sous-ensembles partout denses. (Voir HAUSDORFF, *Grundzüge der Mengenlehre*, Leipzig, 1914, p. 315 et suiv.)

est congruent à U (on démontre, tout d'abord, notre lemme pour l'espace V). Il est à remarquer que les conditions que V soit complet et homogène sont essentielles pour que l'énoncé 4° soit valable : il suffit de considérer les deux espaces provenant de U en y supprimant un point, respectivement en y adjoignant un point isolé.

Notons encore les propriétés suivantes de l'espace U :

5° *Deux points quelconques* x, y *situés dans* U *appartiennent à un sous-ensemble de* U *congruent au segment rectiligne de longueur* $\rho(x, y)$.

6° Désignons par $F(a, \varepsilon)$ l'ensemble de tous les points x tels que $\rho(x, a) = \varepsilon$. *L'ensemble* $F(a, \varepsilon)$ *détermine dans* U *deux domaines connexes dont il est la frontière commune.*

7° $F(a, \varepsilon)$ *est* (quel que soit $a \subset U$) *un espace métrique complet, séparable homogène et universel par rapport à tous les espaces séparables de diamètre* $\leqq 2\varepsilon$. $F(a, \varepsilon)$ *est de plus le seul espace métrique* (aux espaces congruents près) *jouissant de ces propriétés.*

Remarquons enfin qu'il existe, par exemple, un espace métrique formé de quatre points a, b, c, d, qui ne peut être transformé isométriquement en aucun sous-ensemble de l'espace de Hilbert. Il suffit de poser à cet effet $\rho(a, b) = \rho(a, c) = \rho(a, d) = 1$; $\rho(b, c) = \rho(b, d) = \rho(c, d) = 2$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La notion de différentielle dans l'Analyse générale.* Note de M. Maurice Fréchet, présentée par M. Hadamard.

Extension à l'Analyse générale. — Toute fonctionnelle U_y peut être considérée comme définissant une *transformation* d'un ensemble d'éléments y (fonctions ordinaires ou lignes ou plus généralement éléments de nature quelconque) en un ensemble de nombres qui sont les valeurs de la fonctionnelle.

Plus généralement, en empruntant une expression due à M. E. H. Moore, on peut se proposer l'étude, sous le nom d'*Analyse générale*, des transformations $M = F(m)$ d'un ensemble d'éléments m de nature quelconque en un ensemble d'éléments M de nature quelconque. Dans une Communication à l'Académie [1], nous avons eu l'occasion de définir et d'étudier celles de ces transformations $M = F(m)$ qui sont biunivoques et bicontinues.

Il serait intéressant et utile de passer ensuite à la définition et à l'étude de celles de ces fonctions qui sont différentiables. Nous allons montrer qu'on peut transporter dans l'Analyse générale les principes qui nous avaient servi à définir la notion de

---

(1) *Sur une définition du nombre de dimensions d'un ensemble abstrait* (*Comptes rendus*, 148, 1909, p. 1152).

différentielle dans l'Analyse fonctionnelle. Ces principes permettaient dans ce cas d'appeler différentielle d'une fonctionnelle Uy une fonctionnelle linéaire de l'accroissement Δy de la variable, qui soit la partie principale de l'accroissement ΔU de la fonctionnelle donnée, c'est-à-dire qui ne diffère de ΔU que par une quantité infiniment petite par rapport à l'accroissement Δy.

Lorsqu'on examine cette définition, on voit que, pour la rendre applicable à l'Analyse générale, il faut qu'une transformation ou fonction $M = F(m)$ étant donnée, on sache ce qu'on entendra : 1° par accroissement d'un élément variable m ou M; 2° par somme de deux accroissements (pour définir la distributivité de la différentielle); 3° par points-limites (ponr définir sa continuité); 4° par accroissement infiniment petit par rapport à un autre.

Les trois premières conditions ont une interprétation immédiate si les espaces abstraits a où se déplacent m et M sont *topologiquement affines* au sens introduit dans notre dernière Communication à l'Académie [1]. Il serait peut-être intéressant de s'essayer à donner à la quatrième condition sa signification la plus générale. Mais nous voulons surtout ici indiquer le principe de l'extension de la notion de différentielle à l'Analyse générale.

C'est pourquoi, sans atteindre la plus grande extension possible, nous allons réaliser cette extension dans un cas extrêmement étendu où l'interprétation de la quatrième condition est simple et naturelle et où les démonstrations sont encore aisées.

Ce cas est celui où les deux espaces a et A, distincts ou non, sont des espaces topologiquement affines particuliers, à savoir ceux que nous avons appelés des espaces $(\mathfrak{D})$ vectoriels [2].

Rappelons que dans un tel espace, chaque couple ordonné de points de cet espace détermine un vecteur; qu'on sait ce qu'est la somme de deux vecteurs et le produit de l'un d'eux par un nombre; qu'enfin chaque vecteur abstrait ξ a une certaine longueur qu'on peut désigner par $\|\xi\|$, la longueur d'un vecteur jouant le rôle de distance de ses extrémités et servant à définir la convergence d'une suite de points [2].

Ceci étant, par analogie avec ce qu'on fait dans l'analyse vectorielle classique, nous pourrons représenter les accroissements correspondants de m_0 vers m_1 et de M_0 vers M_1 par les vecteurs $\Delta m_0 = \overline{m_0 m_1}$, $\Delta M_0 = \overline{M_0 M_1}$.

Définition de la différentielle abstraite. — Considérons donc une fonction $M = F(m)$ qui fait correspondre à un élément m d'un espace $(\mathfrak{D})$ vectoriel a un élément M d'un espace $(\mathfrak{D})$ vectoriel A [2].

---

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 419.

(2) La définition précise d'un espace $(\mathfrak{D})$ vectoriel se trouve dans ma Communication mentionnée plus haut du 9 février 1925. Elle est équivalente à celle qui est donnée par M. Banach dans le Tome 3 de *Fundamenta Mathematicæ*, 1922, p. 129, en y supprimant la condition III.

Nous dirons que $F(m)$ *est différentiable* au point m_0, s'il existe une fonctionnelle $\varphi(\Delta m_0)$, linéaire par rapport à l'accroissement $\Delta m_0 = \overline{m_0 m}$ de la variable m et qui est la partie principale de l'accroissement correspondant

$$\Delta M_0 = \overline{M_0 M} = \overline{F(m_0) F(m)},$$

Nous entendons par là que $\varphi(\Delta m_0)$ est un vecteur de l'espace A tel que la longueur du vecteur $\Delta M_0 - \varphi(\Delta m_0)$ soit infiniment petite par rapport à la longueur du vecteur Δm_0. On pourra écrire

$$\Delta F(m_0) = \varphi(\Delta m_0) + \varepsilon \, \| \Delta m_0 \| \, U,$$

où U est un vecteur de l'espace A de longueur égale à l'unité et où ε est un nombre qui tend vers zéro avec la longueur $\| \Delta m_0 \|$.

D'autre part, la transformation $\Lambda = \varphi(\lambda)$ de tout vecteur λ de l'espace a en un vecteur Λ de l'espace A est dite linéaire, si elle est : 1° distributive, c'est-à-dire telle que

$$\varphi(\lambda_1 + \lambda_2) = \varphi(\lambda_1) + \varphi(\lambda_2);$$

2° continue, c'est-à-dire si la longueur $\| \varphi(\lambda) \|$ tend vers zéro quand la longueur $\| \lambda \|$ tend vers zéro. On en déduit que l'on a

$$\varphi(k\lambda) = k\,\varphi(\lambda),$$

quel que soit le nombre réel k.

Ainsi la différentielle définit une sorte de dilatation abstraite tangente à la transformation donnée.

On peut démontrer qu'il n'existe qu'une fonctionnelle linéaire $\varphi(\Delta m)$ qui soit la partie principale de $\Delta F(m)$, s'il en existe une. Nous l'appellerons la *différentielle* de $F(m)$ en m,

$$dF(m) = \varphi(\Delta m).$$

Comme en prenant $F(m) \equiv m$, on obtient $dm = \Delta m$, nous pourrons écrire quand m est variable indépendante

$$dF(m) = \varphi(dm).$$

Mais si m est une fonction $m = g(\alpha)$ d'un autre point α d'un espace $\mathfrak{A}$ vectoriel, distinct ou non des précédents, et si $g(\alpha)$ est différentiable, on

démontre que, $\psi(d\alpha)$ étant la différentielle de g, on a

$$dF[g(\alpha)] - \varphi[\psi(d\alpha)].$$

Donc on peut écrire

$$dF(m) = \varphi(dm),$$

même lorsque m n'est pas une variable indépendante.

Nous montrerons en détail dans un Mémoire spécial, comment on peut poursuivre, définir et étudier les fonctionnelles d'ordre entier et les différentielles d'ordre supérieur en suivant dans ses grandes lignes notre Communication au Congrès des Sociétés savantes de 1912.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions méromorphes à valeur asymptotique et le théorème de M. Picard.* Note de M. **Henri Milloux**, présentée par M. Émile Borel.

1. Il résulte d'une inégalité de M. Carleman que si une fonction $f(z)$, holomorphe et inférieure en module à M à l'intérieur du cercle $|z| = 1$, est inférieure en module à m le long d'un arc de courbe issu de l'origine et aboutissant à la circonférence $|z| = 1$, cette fonction satisfait, à l'intérieur du cercle $|z| = r$, à l'inégalité

$$(1) \qquad |f(z)| < M^{1-\lambda(1-r)} m^{\lambda(1-r)},$$

λ étant une constante numérique (¹).

2. On connaît le théorème suivant de M. Landau :

« Une fonction $f(z)$ holomorphe et ne prenant pas les valeurs zéro et un à l'intérieur du cercle $|z| = 1$ satisfait, dans le cercle $|z| = r$, à l'inégalité

$$|f(z)| < e^{\frac{\chi(a_0)}{1-r}},$$

$\chi(a_0)$ désigne une fonction de $a_0 = f(0)$ n'ayant pour points singuliers que 0, 1, ∞. »

(¹) Voir H. Milloux, *Le théorème de M. Picard, suites de fonctions holomorphes, fonctions méromorphes et fonctions entières* (*Journ. de Math.*, 3, fasc. 4, 1924, p. 347).

Si donc $|a_0|$, $\left|\frac{1}{a_0}\right|$ et $\left|\frac{1}{1-a_0}\right|$ ne sont pas trop grands, par exemple si ces quantités sont inférieures à 10, la fonction $f(z)$ satisfait à l'inégalité

$$|f(z)| < e^{\frac{k}{1-r}}, \tag{2}$$

k désigne une constante numérique. Cette inégalité est encore vérifiée si $|a_0|$ seul est inférieur à 10.

Ceci posé, supposons que, le long d'une courbe issue de l'origine et aboutissant à la circonférence $|z|=1$, l'inégalité $|f(z)-a_0|<m$ soit vérifiée. Possédant dans le cercle $|z|=r$ une borne supérieure du module de $f(z)$ [inégalité (2)], on pourra appliquer l'inégalité (1) à la fonction, dans un cercle, de rayon inférieur à r, convenablement choisi. On aboutit ainsi au théorème suivant :

I. *Soit $f(z)$ une fonction holomorphe et ne prenant pas les valeurs zéro et un à l'intérieur du cercle $|z|=1$. Si l'on a $|f(z)-a_0|<m$ sur un arc de courbe issu de l'origine et aboutissant à la circonférence $|z|=1$ (on suppose $|a_0|$ inférieur à 10), la fonction vérifie, à l'intérieur du cercle $|z|=r$, l'inégalité*

$$|f(z)| < e^{-k(1-r)\log\frac{1}{m}} \tag{3}$$

si

$$1-r \geqq \frac{k_1}{\sqrt{\log\frac{1}{m}}},$$

k et k_1 sont des constantes numériques positives.

3. Le théorème précédent est encore applicable à *une fonction méromorphe ne prenant pas à l'intérieur du cercle $|z|=1$ les valeurs a, b, c* (au lieu des valeurs 0, 1, ∞), toutes les autres conditions étant par ailleurs vérifiées, à condition cependant que *les modules de deux des quantités a, b, c et les inverses des côtés du triangle abc soient inférieurs à*

$$e^{k_2(1-r)\log\frac{1}{m}},$$

k_2 désignant une constante numérique positive.

4. Soit $\varphi(z)$ une fonction méromorphe dans la couronne circulaire

définie par les inégalités $R \leqq |z| \leqq R'$, et inférieure en module à m le long d'un arc de courbe traversant cette couronne. Si la fonction $\varphi(z)$ ne prend pas, dans la couronne, certaines valeurs a, b, c telles que les modules de deux de ces valeurs et les inverses des côtés du triangle abc sont inférieurs à

$$e^{k_2\sqrt{\log\frac{1}{m}}},$$

cette fonction vérifie, sur la circonférence médiane, l'inégalité

$$(4) \qquad |f(z)| < e^{-\sqrt{\log\frac{1}{m}}}.$$

à condition que $\frac{R'-R}{R}$ soit supérieur à $e^{-k_1\sqrt{\log\frac{1}{m}}}$.

5. Dans le cas d'une fonction méromorphe $\varphi(z)$ admettant zéro comme valeur asymptotique, l'inégalité (4) ne peut être vérifiée pour toute couronne circulaire satisfaisant à la condition précédente. On en déduit, comme conséquence du théorème I, et en effectuant la représentation conforme d'un secteur de couronne sur un cercle, l'existence d'une suite de cercles à l'intérieur de chacun desquels la fonction $Z = \varphi(z)$ prend toutes les valeurs du plan des Z, à l'exception au plus de deux zones se rétrécissant indéfiniment lorsque l'on s'éloigne indéfiniment dans le plan des z.

J'ai appelé ces cercles, dans ma Thèse, des *cercles de remplissage* (1). J'en avais démontré l'existence à l'aide du théorème de M. Schottky.

La méthode employée ici permet de préciser les propriétés de la fonction $\varphi(z)$ dans un tel cercle. Supposons que l'on ait $|\varphi(z)| < m$ sur le chemin de détermination zéro, à partir du point ayant même module que le centre du cercle de remplissage envisagé. Désignons par μ la quantité

$$e^{-k_2\sqrt{\log\frac{1}{m}}}.$$

La fonction $\varphi(z)$ vérifie, dans le cercle de remplissage, l'une des deux propriétés suivantes :

---

(1) H. Milloux, *loc. cit.*

1° Elle admet toute valeur, sauf peut-être des valeurs de modules inférieurs à μ;

2° S'il existe une valeur exceptionnelle a dont le module est supérieur à μ *et inférieur à* $\frac{1}{\mu}$, *le nombre des racines de l'équation* $\varphi(z) - b = 0$ (*où l'on a* $|b - a| > \mu$) *est supérieur à* $k \log\log \frac{1}{m}$, *sauf peut-être pour des valeurs de b comprises dans un cercle de rayon inférieur à* μ, *et dont le centre c a un module inférieur à* $\frac{1}{\mu}$.

Un 2° analogue est valable lorsque a ou c dépassent en module $\frac{1}{\mu}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un nouveau procédé d'intégration de fonctions mesurables non sommables.* Note [1] de M. **St. Kempisty**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soient $g(x)$ une fonction mesurable et presque partout finie dans l'intervalle (a, b) et

$$x_0 = a,\ x_1,\ x_2,\ \ldots,\ x_{i-1},\ x_i,\ \ldots,\ x_J = b$$

un système de points divisant (a, b).

Pour tout intervalle (x_{i-1}, x_i) et $0 < \lambda < 1$, nous pouvons déterminer deux nombres finis : la *borne inférieure à densité* λ et la *borne supérieure à densité* λ [2].

Désignons par $s(\lambda)$ la limite inférieure des sommes

$$\sum_{i=1}^{J} m(x_{i-1}, x_i, \lambda)(x_i - x_{i-1}),$$

lorsque le plus grand des intervalles (x_{i-1}, x_i) tend vers zéro et par $S(\lambda)$ la limite supérieure analogue en remplaçant m par M.

---

[1] Séance du 2 mars 1925.

[2] Voir ma Note : *Sur les limites approximatives (asymptotiques)* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 642).

Si $0 < \lambda < \frac{1}{2}$, nous avons $s(\lambda) \leqq S(\lambda)$. De plus, $s(\lambda)$ ne croît pas et $S(\lambda)$ ne décroît pas quand λ décroît vers zéro.

Appelons *intégrale inférieure* (respectivement supérieure) *asymptotique* de $g(x)$ dans (a, b) la limite de $s(\lambda)$ (respectivement de S) pour $\lambda = 0$, en écrivant

$$(\mathrm{A})\underline{\int_a^b} g(x)\,dx = \lim_{\lambda=0} s(\lambda), \qquad (\mathrm{A})\overline{\int_a^b} g(x)\,dx = \lim S(\lambda).$$

2. Les limites extrêmes $s(\lambda)$ et $S(\lambda)$ peuvent être obtenues en se bornant à une suite simple de systèmes D_n divisant (a, b) et tels que, pour D_n, on a $x_i - x_{i-1} < \varepsilon_n$, ε_n étant le $n^{\text{ième}}$ terme d'une suite décroissante vers zéro.

Posons, pour le système D_n et $x_{i-1} < x < x_i$,

$$g_n(x) = m(x_{i-1}, x_i, \lambda), \qquad G_n(x) = M(x_{i-1}, x_i, \lambda),$$

alors

$$\sum_{i=0}^{J} m(x_{i-1}, x_i, \lambda)(x_i - x_{i-1}) = \int_a^b g_n(x)\,dx,$$

$$\sum_{i=1}^{J} M(x_{i-1}, x_i, \lambda)(x_i - x_{i-1}) = \int_a^b G_n(x)\,dx.$$

En définissant les deux nouvelles fonctions

$$h_p(x) = \text{borne inf.}_{n \leqq p}\, g_n(x), \qquad H_p(x) = \text{borne sup.}_{n \geqq p}\, G_n(x),$$

nous avons

$$\lim_{p=\infty} \int_a^b h_p(x)\,dx \leqq s(\lambda) \leqq S(\lambda) \leqq \lim_{p=\infty} \int_a^b H_p(x)\,dx.$$

Or, on peut montrer que l'égalité

$$\lim_{p=\infty} \int_a^b h_p(x)\,dx = \lim_{p=\infty} \int_a^b H_p(x)\,dx$$

est une condition nécessaire et suffisante pour que la fonction $g(x)$ soit sommable, et alors la valeur commune de ces limites est l'intégrale lebésgienne de $g(x)$.

3. Appelons *intégrale asymptotique* la valeur commune des intégrales extrêmes asymptotiques, dès qu'elles sont égales.

Nous venons de montrer que *cette intégrale est égale à celle de* M. Lebesgue *pour une fonction sommable*. Or il existe des fonctions non sommables qui sont intégrables asymptotiquement. Voici un exemple d'une telle fonction :

Soit, dans l'intervalle (o, 1),

$$g(x) = -\frac{3^n}{n} \quad \text{pour} \quad \frac{1}{3^n} \leqq x < \frac{2}{3^n} \quad (n = 1, 2, \ldots)$$

et

$$g(x) = \frac{3^n}{n} \quad \text{pour} \quad \frac{2}{3^n} \geqq x < \frac{1}{3^{n-1}}.$$

Cependant il existe aussi une fonction qui est intégrable au sens de M. Denjoy, sans être intégrable asymptotiquement :

$$g(x) = 3^{n^2} \quad \text{pour} \quad \frac{2k-1}{3^{n(n+1)}} \leqq x < \frac{2k}{3^{n(n+1)}}$$

et

$$g(x) = -3^{n^2} \quad \text{pour} \quad \frac{2k}{3^{n(n+1)}} \leqq x < \frac{2k+1}{3^{n(n+1)}}.$$

4. En se servant d'un théorème général de M. Saks [1], on peut montrer que l'*intégrale asymptotique indéfinie possède presque partout une dérivée égale à la fonction intégrée* $g(x)$.

5. *L'intégrale asymptotique jouit des six propriétés de l'intégrale de M. Lebesgue* [2]. Cela est évident pour les propriétés 1, 2, 4 et 5.

Passons à la propriété 3. Comme pour les bornes à densité λ de deux fonctions $f(x)$ et $g(x)$ on a, dans un même intervalle, les relations suivantes :

$$m(f, \lambda) + m(g, \lambda) \leqq m(f+g, 2\lambda), \qquad M(f, \lambda) + M(g, \lambda) \geqq M(f+g, \lambda),$$

alors.

$$(A)\int_a^b f(x)\,dx + (A)\int_a^b g(x)\,dx = (A)\int_a^b [f(x) + g(x)]\,dx.$$

---

(1) S. Saks, *Sur une classe de fonctions d'intervalles* (*Comptes rendus*, **180**, 1924, p. 38).

(2) H. Lebesgue, *Leçons sur l'intégration*, 1904, p. 98-99.

Pour voir que la propriété 6 subsiste il suffit de montrer que *toute fonction non négative intégrable asymptotiquement est sommable* (¹).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon pendant le quatrième trimestre de* 1924. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Le nombre des observations faites pendant ce trimestre est de 60 (²), et l'on en déduit les principaux faits que voici :

Taches. — Malgré une diminution de moitié du nombre des groupes de taches (15 au lieu de 30), leur surface totale est très peu moindre (2547 millionièmes au lieu de 2690).

Dans leur répartition entre les deux hémisphères, on a quatre groupes en moins au Sud (2 au lieu de 6) et onze au Nord (13 au lieu de 24).

La latitude moyenne de l'ensemble a passé de $-24^\circ,8$ à $27^\circ,0$ et de $+22^\circ,0$ à $+21^\circ5$.

Aucune tache n'a été enregistrée au sud de l'équateur pendant le mois de novembre. D'ailleurs, les *jours sans taches*, qui avaient disparu presque complètement depuis le 8 mai (sauf un jour en juillet, le 20, et un jour en août, le 27), ont réapparu par intermittences à partir du 3 novembre, et leur nombre proportionnel est 0,22 au lieu de 0,02 (³).

Néanmoins, les groupes suivants du Tableau I ont atteint, dans leur développement, la *visibilité à l'œil nu :*

Octobre	19,9 à $+22^\circ$	de latitude
Novembre	21,5 à $+18^\circ$	»
»	24,8 à $+23^\circ$	»

Régions d'activité. — Le développement des facules a, également, été moindre que précédemment, mais la diminution affecte davantage le nombre des groupes que leur aire totale qui est très peu inférieure : on a, effectivement, enregistré 45 groupes au lieu de 62 et 40,7 millièmes au lieu de 42,6.

(¹) On achève la démonstration de la propriété 6 en suivant le raisonnement de M. Denjoy pour les fonctions totalisables [voir *Mémoire sur la totalisation* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 34, 1917, p. 202-203)].

(²) Avec l'aide de Mlle Bloch.

(³) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1596.

Enfin, la production de ces phénomènes se maintient plus active au nord de l'équateur, avec 29 groupes au lieu de 45, qu'au sud, avec 16 groupes au lieu de 17.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre. — 0,00.			
28-10	10	4,3		+22	184
3- 8	5	7,2		+26	31
3-14	11	10,1	−29		199
13-26	11	19,9		+22	438
25- 2	8	27,3		+21	82
26-30	5	31,9		+20	33
	25 j.		−29°	+22°,2	
		Novembre. — 0,28.			
14-19	5	16,3		+25	40
15-26	8	21,5		+17	517
		Novembre (suite).			
18-30	8	24,8		+23	473
	18 j.		»	+22°,0	
		Décembre. — 0,50.			
7-14	4	12,9		+21	74
13-17	3	18,2		+21	64
13-24	4	19,1		+18	62
24-26	3	20,5	−25		339
24	1	21,5		+20	7
24	1	22,8		+23	4
	16 j.		−25°	+20°,6	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1924.	Sud. 90°-40°	Sud. 40°-30°	Sud. 30°-20°	Sud. 20°-10°	Sud. 10°-0°	Sud. Somme.	Nord. Somme.	Nord. 0°-10°	Nord. 10°-20°	Nord. 20°-30°	Nord. 30°-40°	Nord. 40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	»	1	»	»	1	5	»	1	4	»	»	6	967
Novembre...	»	»	»	»	»	0	3	»	1	2	»	»	3	1030
Décembre...	»	»	1	»	»	1	5	»	4	1	»	»	6	550
Totaux...	»	»	2	»	»	2	13	»	6	7	»	»	15	2547

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1924.	Sud. 90°-40°	Sud. 40°-30°	Sud. 30°-20°	Sud. 20°-10°	Sud. 10°-0°	Sud. Somme.	Nord. Somme.	Nord. 0°-10°	Nord. 10°-20°	Nord. 20°-30°	Nord. 30°-40°	Nord. 40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	1	4	1	»	6	11	»	1	8	2	»	17	14,8
Novembre...	»	2	2	2	»	6	9	»	1	4	3	1	15	10,7
Décembre...	»	1	3	»	»	4	9	»	1	6	»	2	13	15,2
Totaux....	»	4	9	3	»	16	29	»	3	18	5	3	45	40,7

TOPOGRAPHIE. — *Sur un mode de lever automatique des itinéraires.* Note de MM. **Aubusson de Cavarlay** et **Descours Desacres**, présentée par M. d'Ocagne.

Le second d'entre nous, ayant eu pendant la guerre à faire des relevés de tranchées, souvent de nuit et dans des conditions difficiles, avait imaginé de se servir d'un traceur automatique de route : dans son appareil, deux molettes mues par un podomètre et poussant une feuille de papier légèrement adhérente à une planchette orientée par un barreau aimanté, laissaient sur la feuille une empreinte semblable au plan du parcours suivi, aux inclinaisons du sol près. Après la guerre, il eut la pensée qu'un appareil analogue, installé sur un véhicule automobile, pourrait servir à de nombreux usages, le barreau aimanté étant remplacé par un gyroscope.

Cette idée, soumise au premier d'entre nous, lui en suggéra de nouvelles, notamment celle de chercher à tenir compte des inclinaisons du sol et à définir la trajectoire dans les trois dimensions; il parvint ainsi de son côté aux méthodes et aux combinaisons résumées dans ce qui suit.

La trajectoire du véhicule est une ligne à double courbure engendrée par le milieu m de la droite qui joint les points de contact des roues arrière, ou droite d'appui n, et, sous condition que les roues ne glissent pas, cette droite demeure normale à la trajectoire. On désigne par s la longueur de la trajectoire et par i son inclinaison sur l'horizon. L'angle ε de la droite n avec l'horizontale mh du plan N normal à la trajectoire définit le devers du plan T tangent à la surface d'appui S engendrée par la droite n, à laquelle on assimile le sol. Si l'on désigne par φ l'angle dont tourne la droite n sur la surface S, $\frac{d\varphi}{ds}$ représente l'inverse du rayon de gyration ρ du véhicule sur le sol, rayon qui est déterminé à tout moment par l'angle de braquage β. De même $\frac{di}{ds}$ donne l'inverse du rayon de gyration ρ_i du véhicule sur le cylindre projetant la trajectoire. Soit enfin R la rampe hélicoïdale engendrée par l'horizontale mh, s'appuyant sur la trajectoire; si φ_h est l'angle dont tourne cette horizontale sur cette rampe, $\frac{d\varphi_h}{ds}$ est l'inverse du rayon de

gyration ρ_h du véhicule sur cette surface R. Nous désignerons, en outre, par σ la longueur de la projection horizontale cherchée de la trajectoire, par c la cote du point m, et par ω l'azimut de l'élément $d\sigma$ (par rapport à la direction de l'élément initial de la projection); $\frac{d\omega}{d\sigma}$, inverse du rayon de courbure r de cette projection, est dès lors lié à $\frac{d\varphi_h}{ds}$, inverse de ρ_h, par la formule $\frac{1}{r} = \frac{1}{\rho_h \cos^2 i}$.

Les portions de normales à la trajectoire, limitées à l'axe de courbure, sont les rayons de gyration ρ, ρ_h, ρ_i, et de courbure ρ_0, et les extrémités des segments représentatifs de leurs inverses sont situées sur une circonférence qui passe par m et qui a pour diamètre $\frac{1}{\rho_0}$.

Il suffit par suite de connaître ε, $\frac{1}{\rho}$ et $\frac{1}{\rho_i}$ en fonction de s pour tracer cette circonférence relativement à chaque point m. Le vecteur limité par cette circonférence sur mh n'est autre que $\frac{1}{\rho_h}$; on en déduit immédiatement, entre côtés de l'angle i, les vecteurs

$$\frac{d\omega}{ds} = \frac{1}{\rho_h \cos i} \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{r} = \frac{d\omega}{ds} \cdot \frac{1}{\cos i}.$$

Les enregistreurs, sur tambour mû par mécanisme d'horlogerie, destinés à faire connaitre s, i, ρ et ε, sont les suivants :

1° Un compteur de tours, dont le diagramme donne les longueurs s, les vitesses V et les variations $\frac{dV}{dt}$;

2° Une balance à inertie (masse contretenue par un ressort, ramenée au zéro par un mécanisme d'asservissement), guidée suivant l'axe longitudinal, dont le diagramme donne l'angle d'inclinaison i (moyennant une correction de vecteur facile à effectuer pour éliminer l'effet de l'inertie longitudinale fonction de $\frac{dV}{dt}$);

3° Un enregistreur des braquages β, qui définit $\frac{1}{\rho}$ ou $\frac{d\varphi}{ds}$;

4° Une balance à inertie transversale, dont le diagramme fournit ε

(moyennant correction de vecteur pour éliminer l'effet de l'inertie transversale fonction de $\frac{V^2}{\rho}$).

De ces quatre diagrammes, on déduira ultérieurement, au bureau, la projection horizontale cotée de la trajectoire, à l'aide de constructions et intégrations graphiques courantes, qui se simplifient encore si l'on a parcouru une ligne de plus grande pente ($\varepsilon = 0$) ou une ligne de niveau ($i = 0$).

Ces relevés, exacts dans la mesure où les glissements des roues sont négligeables, peuvent être utiles dans bien des cas pour définir la configuration du terrain entre points de triangulation précise.

Pour les usages où le relevé de l'itinéraire dans la seule surface du sol pourrait suffire, — plus particulièrement dans le cas où le terrain parcouru est plat, — il n'y a qu'à enregistrer β et s, c'est-à-dire les seuls mouvements des roues. Il peut y avoir alors avantage à intégrer mécaniquement les éléments $d\varphi$, en employant soit un intégrateur à train différentiel, qui recueille les sommes des différences de rotation des deux roues arrière, soit un intégrateur à rouleau, qui recueille les sommes des déplacements transversaux qu'une roulette, animée d'un mouvement en tout semblable à celui de la roue avant, communique à un rouleau, fou sur axe transversal.

En combinant d'ailleurs ces deux intégrateurs, en faisant porter le rouleau du second par un plateau, parallèle au plan de base du véhicule, que le train différentiel du premier fait dévirer d'angles égaux contraires aux angles de virage φ sur la surface S (et qu'il maintient en réalité, si le sol est plan, dans un azimut invariable, comme le barreau aimanté fait de la planchette dans le traceur primitif), on obtient directement par l'empreinte de la roulette sur la feuille du rouleau, après déroulement, le dessin même de la route : la surface du rouleau, dans la région du contact, fuit en effet sous la roulette exactement (à supposer qu'il ne se produise ni glissement, ni dérive à l'entraînement) comme la route semble fuir sous le véhicule.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le troisième groupe négatif du carbone, dit spectre des queues de comètes. Extension du côté rouge et structure des bandes.* Note de M. F. **Baldet**, présentée par M. H. Deslandres.

1. Dans une Note récente ([1]), j'ai donné une description de ce spectre obtenu par le bombardement électronique, provenant d'une cathode incandescente, sur de l'oxyde de carbone à la pression d'environ 10^{-4} mm. Ces recherches montrent que la présence de l'hélium n'est nullement une condition nécessaire pour l'excitation du spectre, avec une grande intensité, comme vient de l'affirmer M. Harvey B. Lemon ([2]), pas plus, du reste, que pour le premier groupe négatif du carbone comme je l'ai déjà signalé ([3]).

J'ai poursuivi son étude en utilisant le spectrohéliographe de l'Observatoire de Meudon, employé comme spectrographe de laboratoire. Cet appareil donne une dispersion de 1 Å par millimètre à $\lambda = 3600$, de 2 Å à $\lambda = 4200$ et de 10 Å à $\lambda = 6400$. En même temps, l'emploi des plaques Ilford Rapid Process Panchromatic me permettait de l'étendre du côté rouge. Le Tableau I donne les positions de 7 bandes nouvelles ainsi que celles de 3 bandes déjà citées, et dont les positions ont pu être déterminées avec plus de précision. Il complète le Tableau I donné page 272 du même tome.

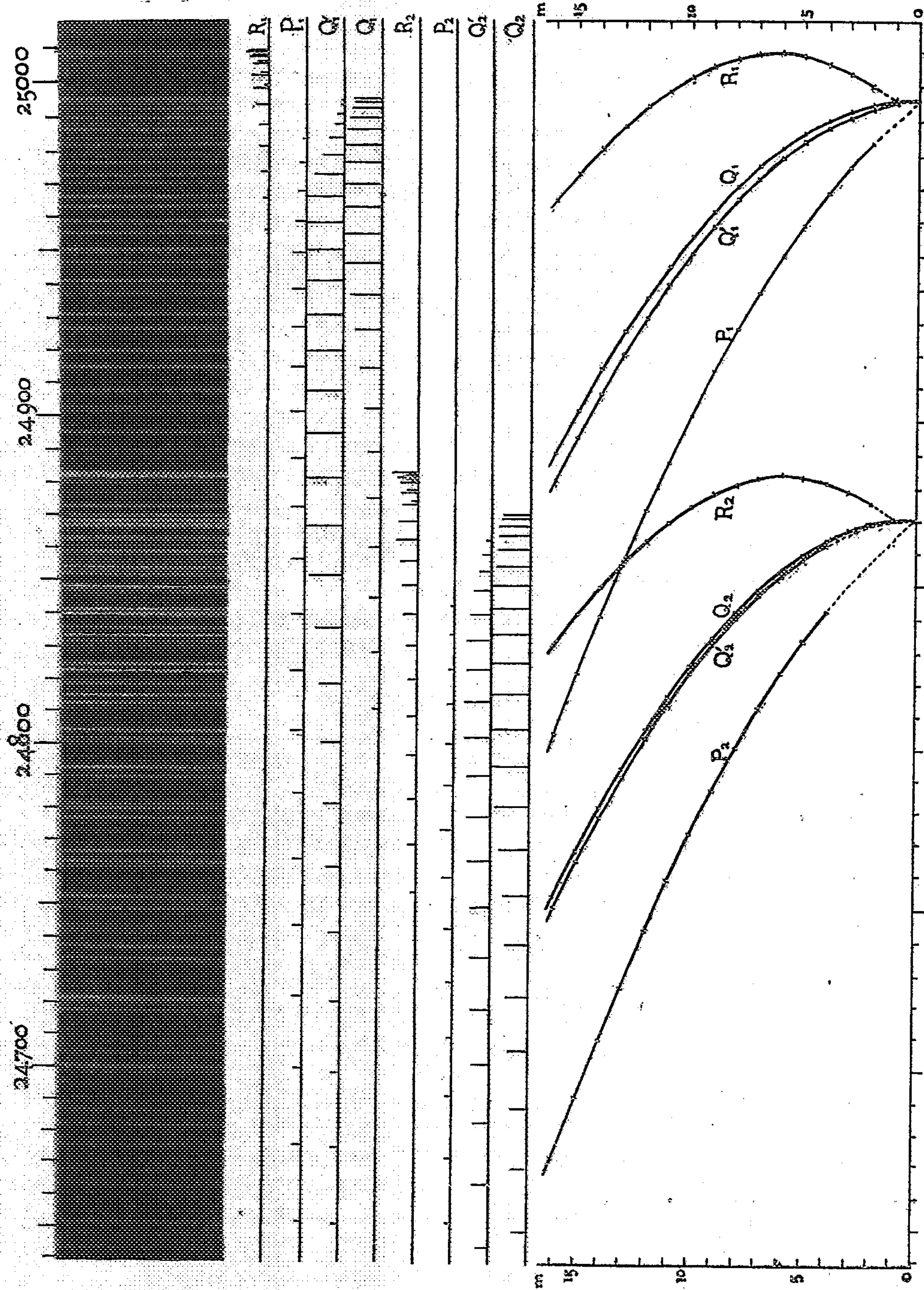
Tableau I.

		Arêtes :				Intensités :			
n.	p.	1re.	2e.	3e.	4e.	$n = -3$.	-2.	-1.	0.
0	5	6354	6361	6405	6412				$\frac{1}{2}$
−2	2	6189,35	6196,43	6238,72	6244,95		5		
−1	3	5970	5976	6015	6021			$\frac{1}{2}$	
−3	0	5856,51	5862,31	5900,40	5905,66	3			
0	4	5764	5769	5806	5812				$\frac{1}{2}$
−2	1	5652,60	5658,09	5693,59	5698,59		3		
−1	2	5461,42	5466,74	5499,86	5504,46			5	
−3	−1	5389,25	5393,92	5426,44	5430,51	1			
−3	−3	4664,54	4667,98	masquées par $n=-1, p=0$		1			
−3	−4	4378,9	4381,4	masquées par $n=-1, p=-1$		1			

([1]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 271.

([2]) *Proceedings of the National Academy of Science* (*Washington*), 11, 1925, p. 43.

([3]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1525.



Début de la bande $\lambda = 3997$. Oxyde de carbone à la pression d'environ 10^{-4} mm. Pose, 20 minutes. Agrandissement = 5,3.

L'oxyde de carbone étant à la pression de 10^{-4} mm, le temps de pose est de 20 minutes pour les bandes intenses. A la pression de 10^{-1} mm, où la structure des bandes présente des caractéristiques nouvelles et importantes, sur lesquelles je reviendrai, une pose de 1 minute suffit.

2. L'étude de la structure des bandes est trop étendue pour trouver place ici; elle sera décrite en détail dans une autre publication. Je donne simplement, dans la planche ci-dessus, à titre d'exemple, la reproduction du début de la bande $\lambda = 3997$ avec, au-dessous, les suites de raies qui la constituent, et leur représentation en fonction du nombre quantique rotationnel m, suivant la méthode de M. Fortrat. On voit qu'elle est formée de deux bandes comprenant chacune quatre suites de raies.

Les raies de chaque bande vérifient assez bien, tant que m est petit, la règle de combinaison interne de Heurlinger :

$$Q(m) - P(m) = R(m+1) - Q(m+1).$$

Entre les deux bandes, j'ai trouvé les règles de combinaison suivantes qui se vérifient avec plus de précision que la règle précédente :

$$R_1(m) - Q_1(m) = R_2(m) - Q_2(m),$$
$$Q'_1(m) - P_1(m) = Q'_2(m) - P_2(m).$$

D'autres bandes sont plus compliquées.

En résumé, les recherches que j'ai eu l'honneur de présenter à plusieurs reprises à l'Académie ont permis d'étendre la connaissance d'un spectre qui, découvert et étudié d'abord dans les queues des comètes, n'avait pu être reproduit jusqu'à présent, en laboratoire, qu'avec une faible intensité. On n'avait obtenu que 12 bandes avec une petite dispersion et leur structure était inconnue. Dans la queue de la comète Morehouse (1908 c), nous avions observé, M. de la Baume-Pluvinel et moi, les 23 bandes plus intenses. Grâce au procédé d'excitation déjà décrit, j'ai pu photographier 37 bandes comprises entre $\lambda = 3080$ et $\lambda = 6500$, dont 27 avec une forte dispersion qui a révélé leur structure. Le spectre, ainsi obtenu, ne présente aucune bande étrangère lorsque le CO est très pur et se trouve à une pression ne dépassant pas 10^{-4} mm. Il reproduit rigoureusement, avec les intensités relatives des bandes, et jusque dans les plus petits détails, celui des queues des comètes.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'étincelle du mercure dans le rouge extrême.* Note de M. J. LAFFAY, présentée par M. A. Cotton.

L'étude détaillée des spectres dans le rouge et le début de l'infrarouge s'est rapidement développée depuis la découverte de sensibilisateurs tels que le pinacyanol et surtout la dicyanine permettant l'emploi de la plaque photographique dans cette région : par ce moyen un grand nombre de spectres d'arc ont été prolongés tout récemment jusqu'aux environs de 1^{μ}, d'abord ceux des métaux difficilement fusibles (fer, nickel, cobalt, tungsténe) ([1]) avec lesquels on peut former un arc très lumineux, puis ceux des métaux plus fusibles (zinc, plomb, étain) ([2]) obtenus dans l'arc au charbon ou l'arc au cuivre. Mais les spectres d'étincelle sont encore peu connus dans cette région.

Pour le mercure en particulier le spectre d'arc a été étudié par la méthode photographique jusqu'à plus de $1^{\mu},1$ ([3]), alors que le spectre d'étincelle s'arrête aux environs de $0^{\mu},6$ ([4]). J'ai cherché à le prolonger au moyen de plaques sensibilisées au pinacyanol et à la dicyanine.

La source lumineuse est un tube à mercure sans électrode illuminé par une décharge de haute fréquence; le montage effectué a été décrit en détail par MM. L. et E. Bloch ([4]); le four électrique cependant a été supprimé en raison de l'intensité relativement grande du courant passant dans le secondaire qui suffit à maintenir le tube à une température convenable.

([1]) Voir par exemple MEGGERS et KIESS, *Bureau of Standards*, 14, 1918, p. 637; 16, 1920, p. 51.

([2]) WALTERS, *Bureau of Standards Pap.* 411, 17, 1921, p. 161.

([3]) WIEDEMANN, *Annalen der Phys.*, 38, 1912, p. 1041. — MAC LENNAN, *Proc. of the royal Soc. of Lond.*, 100, 1922, p. 200.

([4]) STILES, *Astroph. Journal*, 30, 1909, p. 48. — L. et E. BLOCH, *Journal de Physique*, 4, 1923, p. 333.

Int.	λ	A.	E_1.	E_2.	Observations.
1	5935,55			E_2	L. et E. Bloch
1	43,98			E_2	»
1	48,67			E_2?	»
1	56,30			E_2	»
3	61,49		E_1		»
0	70,42		E_1		»
1	81,42			E_2	»
2	6017,15		E_1		»
1	23,62			E_2	»
0	30,12		E_1?		
0	32,83		E_1?		L. et E. Bloch
0	41,6		E_1?		
1	46,01			E_2	L. et E. Bloch
0	69,7			E_2	
1	72,61	A			Stiles
4	89,79		E_1		L. et E. Bloch
4	100,36		E_1		»
0	10,77			E_2	»
1	22,3		E_1?		diffuse
2	23,44	A			Stiles
4	46,47		E_1		
10	49,36		E_1		Stiles
1	66,50		E_1		
3	70,98			E_2	
2	86,48		E_1		
0	94,31			E_2?	
0	96,43			E_2?	
3	220,30			E_2	
2	34,37	A			Stiles
4	42,24		E_1		
0	66,13			E_2	
0	70,33			E_2	
0	88,86			E_2	
5	91,3		E_1		diffuse
1	300,09			E_2	
2	14,61		E_1		
3	16,47			E_2	
3	43,80			E_2	
1	48,95			E_2	
3	62,10		E_1		
	83,34			E_2	
4	95,0		E_1		diffuse
	418,95			E_2	double?
0	64,4			E_2	
0	77,8		E_1		diffuse
1	99,01			E_2	
1	501,03			E_2	
1	01,25			E_2	
1	6501,47			E_2	
2	512,95			E_2	
5	521,21		E_1		
1	542,1			E_2	
2	553,6		E_1		
2	584,6			E_2	
2	594,3		E_1		
2	602,4			E_2	
1	610,4			E_2	
2	639,3		E_1		
1	689,85		E_1		
0	702,8			E_2	
0	703,6			E_2	
1	709,5			E_2	
0	715,4		E_1?		
1	716,6	A			Stiles, Wiedemann
1	736,6			E_2	
1	838,9			E_2	
0	853,1			E_2	
5	907,6	A			Stiles, Wiedemann
1	937,8		E_1		
1	945,4		E_1		
0	956,5			E_2	
0	963,1			E_2	
0	7025,1			E_2	
1	047,3			E_2	
3	082,1	A			Stiles, Wiedemann
2	092,1	A			Wiedemann
2	110,9		E_1		
1	326,0			E_2	
0	343,2			E_2?	
4	346,6		E_1		
2	395,8		E_1		
0	402,0		E_1		
0	412,1		E_1		

Int.	λ	A.	E_1.	E_2.	Observations.	Int.	λ	A.	E_1.	E_2.	Observations
2	418,1		E_1			1	729,1	A			Wiedemann
2	486,5		E_1			0	780,7			E_2	
0	517,8			E_2		3	945,0		E_1		
1	565,1		E_1			0	984,7			E_2	
2	621,0		E_1								

A, raie d'arc; E_1, raie d'étincelle du premier ordre; E_2, raie d'étincelle du deuxième ou du troisième ordre

L'appareil dispersif est un spectrographe à réseau concave (partie striée $4^{cm} \times 4,5$ — rayon 308^{cm}) monté de manière à être stigmatique (montage de Wadsworth). On a utilisé le spectre de deuxième ordre jusqu'à 6500 A. (dispersion : 5 A. par millimètre) et celui de premier ordre, plus lumineux, au delà de 6500 A. (dispersion 10 A. par millimètre). Le spectre de repère est celui du fer.

La durée de pose a varié entre une demi-heure et une heure.

Les mesures ont été faites sur un grand nombre de plaques dans chacune des deux régions.

L'ensemble de ces mesures montre que l'erreur est inférieure à 0,03 A. dans le premier cas et à 0,1 A. dans le deuxième cas. Les moyennes des longueurs d'onde trouvées sont données dans la deuxième colonne du tableau.

La distinction des différentes raies en raies d'arc (A), raies d'étincelle du premier ordre (E_1) et raies d'étincelle du deuxième et du troisième ordre (E_2) (cette indication signifie simplement que la raie est d'un ordre supérieur au premier) a pu être faite bien que l'excitation du tube n'ait pas varié sensiblement d'une pose à l'autre (longueur d'étincelle voisine de 15^{mm}); il n'y a doute que sur certaines raies d'intensité très faible et l'indication E_1 ou E_2 est alors accompagnée d'un point d'interrogation.

Les raies d'arc sont toutes connues : dans la dernière colonne figurent les noms des auteurs qui les ont déjà données.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges de la fonction alcool.* Note de M. JEAN LECOMTE, présentée par M. Cotton.

Nous avons utilisé, entre les longueurs d'onde $2^{\mu},75$ et 8^{μ}, le dispositif décrit dans une Note précédente (1), mais dans lequel le prisme de sel

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1530.

gemme était remplacé par un prisme de fluorine, ce qui permettait, dans l'intervalle examiné, d'évaluer les longueurs d'onde de bandes bien définies à moins de $0^{\mu},01$ près. De nos résultats, près des deux tiers apparaissent comme entièrement inédits; les autres concourent à préciser, en les modifiant, les recherches de Ransohoff et de W. Weniger.

D'une manière générale, dans le domaine étudié, *les mono-alcools* donnent lieu à deux zones de forte opacité : de 3^{μ} à $3^{\mu},5$ environ et de $6^{\mu},85$ à 8^{μ} environ, ces zones étant séparées par un intervalle de grande transparence.

La première de ces régions comporte, dans tous les cas, deux bandes très fortes, nettement séparées, dissymétriques, se localisant entre $2^{\mu},98$ et $3^{\mu},08$, d'une part, et entre $3^{\mu},42$ et $3^{\mu},50$ d'autre part, l'absorption étant un peu plus forte pour la première de ces bandes. Quant à la seconde région, elle offre seulement deux bandes dissymétriques si l'alcool est primaire (sauf pour les alcools méthylique et éthylique), l'une entre $6^{\mu},85$ et $6^{\mu},93$, et l'autre entre $7^{\mu},34$ et $7^{\mu},40$; elle en a une troisième, également dissymétrique, si l'alcool est secondaire ou tertiaire, sise respectivement vers $7^{\mu},70$ dans le premier cas et entre $7^{\mu},90$ et $8^{\mu},00$ dans le deuxième cas. Le passage à des homologues ou de termes à chaîne droite aux termes correspondants à chaîne ramifiée ne modifie que de quelques centièmes de μ la position des bandes et les décalages constatés se présentent sans loi apparente. Notons enfin que, pour les alcools secondaires ou tertiaires, la bande de 3^{μ} correspond à des longueurs d'onde un peu inférieures à celles de la fonction alcool primaire.

Entre $3^{\mu},5$, et $6^{\mu},85$, se place un domaine d'absorption faible : il ne comporte, dans beaucoup de cas, que des bandes faibles distribuées irrégulièrement, mal définies et d'autant moins bien marquées que l'on s'élève dans la série des alcools. Il faut toutefois faire exception pour une région de très forte absorption située entre $5^{\mu},80$ et $6^{\mu},15$, et qui apparaît principalement pour les homologues supérieurs.

En ce qui concerne *les poly-alcools*, glycols et glycérines, la présence dans la molécule de plusieurs groupements alcooliques ne modifie pas l'allure générale de l'absorption.

On constate seulement l'apparition de quelques bandes secondaires faibles entre $3^{\mu},5$ et $6^{\mu},85$ et des décalages quelquefois notables dans les régions de grande opacité précitées. La particularité la plus intéressante, présentée par les glycols et les glycérines, réside en ce que tous les degrés de la fonction alcool, présents dans la molécule, ne se manifestent pas toujours simultanément par toutes leurs bandes caractéristiques.

Le tableau suivant résume l'ensemble de nos résultats; les bandes marquées * sont moins bien définies.

Bandes d'absorption (en μ).

Alcool méthylique (1)	3,08	3,50	4,65	4,95		6,12	6,98	7,20	
» éthylique	3,05	3,48	4,38		5,36	5,96*	7,10	7,34	
» propylique	3,02	3,42	4,58	4,95	5,25	6,12	6,89	7,38*	
» isopropylique	3,03	3,43	4,7*		5,33	6,12	6,88	7,36	7,80
» butylique (N)	3,05	3,49		5,00		6,20	6,92	7,36	
» isobutylique	3,03	3,48	4,40	4,93		6,12	6,88	7,34	
Butanol-2 (2)	3,02	3,44	4,20		5,36	5,92	6,88	7,34	7,67
Alcool butylique 3°	2,99	3,42	4,25	4,80	5,53	6,07	6,85	7,37	8,00
» isoamylique	3,03	3,46		4,95		6,1*	6,87	7,34	
» amylique 3°	2,99	3,41		4,85		6,12	6,90	7,38	7,93
» hexylique	3,04	3,43		4,85*		6,13	6,89	7,33	
» heptylique	3,04	3,48		5,00		5,90	6,89	7,36	
» octylique 1°	3,04	3,48				5,90	6,90	7,36	
» octylique 2°	3,02	3,48			5,38	5,88	6,88	7,34	7,67
» nonylique	3,02	3,46	4,40*	5,01		5,90	6,88	7,34	
» décylique	3,06	3,48				5,90	6,88	7,31	
» undécylique	3,00	3,44			5,58	6,12	6,93	7,38	
» duodécylique	3,05	3,48					6,90	7,38	
$(CH^3)^2.CH.CH^2.CHOH.C(OH).(CH^3)^2$	3,01	3,44		4,75		6,15	6,90	7,36	7,87
$C^6H^{13}.CHOH.C(OH).(CH^3)^2$	2,98	3,44		4,75	4,94	5,90	6,90	7,36	7,85
$C^6H^{13}.CHOH.C(OH)\langle^{CH^3}_{(CH^2).CH^3}$	3,00	3,44				5,94	6,90	7,36	7,87
$C^6H^{13}.CHOH.C(OH)\langle^{CH^3}_{C^2H^5}$	2,98	3,46	4,45	4,75		5,94	6,92	7,34	7,86
$CH^3.CHOH.CHOH.CH^2OH$	3,08	3,42		4,77		6,10	7,08	7,34	7,75
$C^2H^5.CHOH.CHOH.CH^2OH$	3,08	3,42		4,85*		6,15	6,92	7,07	7,75
$C^3H^7.CHOH.CHOH.CH^2OH$	3,08	3,42		4,83		6,13	6,90	7,22	7,72
$C^4H^9.CHOH.CHOH.CH^2OH$	3,08	3,44				5,87	6,93	7,34	7,72
Erreurs moyennes sur les longueurs d'onde	±0,015	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02

(1) En plus, une bande à $3^{\mu},38$.

(2) En plus, une bande à $5^{\mu},66$.

APPAREILS DE MESURE. — *Sur un appareil à fil chaud pour la détermination des grandes altitudes.* Note de MM. **E. Huguenard**, **A. Magnan** et **A. Planiol**, présentée par M. Rateau.

Un fil chauffé vers 1000° par un courant électrique atteint son équilibre de température quand la quantité de chaleur apportée en un temps donné par effet Joule est dissipée par rayonnement et surtout par convection dans l'atmosphère environnante. La température du fil est par conséquent fonction de la densité de cette atmosphère, et il est possible d'établir une relation entre la pression et la température d'une masse gazeuse, d'une part, et la température d'équilibre du fil, d'autre part.

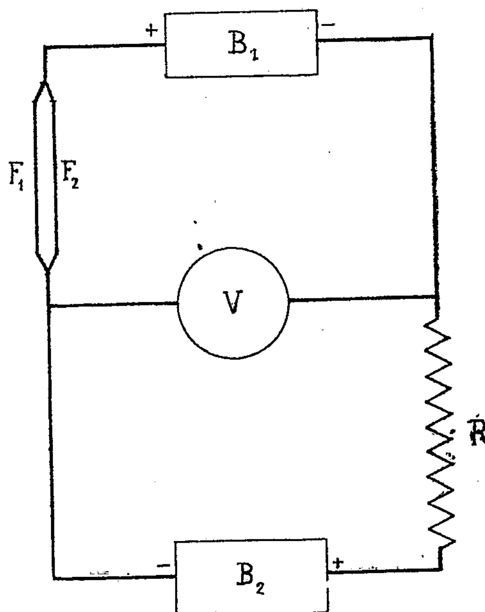


Fig. 1.

Si le métal constituant le fil présente un coefficient de température convenable, on pourra utiliser la mesure de la résistance du fil à la détermination de sa température d'équilibre et en déduire la densité de l'atmosphère. L'intensité du courant qui traverse ce fil transporté à diverses altitudes sera par suite une fonction de ces altitudes et pourra servir de base à des mesures altimétriques, l'appareil étant maintenu à température constante.

Pour nous rendre compte du fonctionnement d'un appareil basé sur ce principe, nous avons utilisé le dispositif même de notre anémomètre à fil chaud décrit précédemment [1].

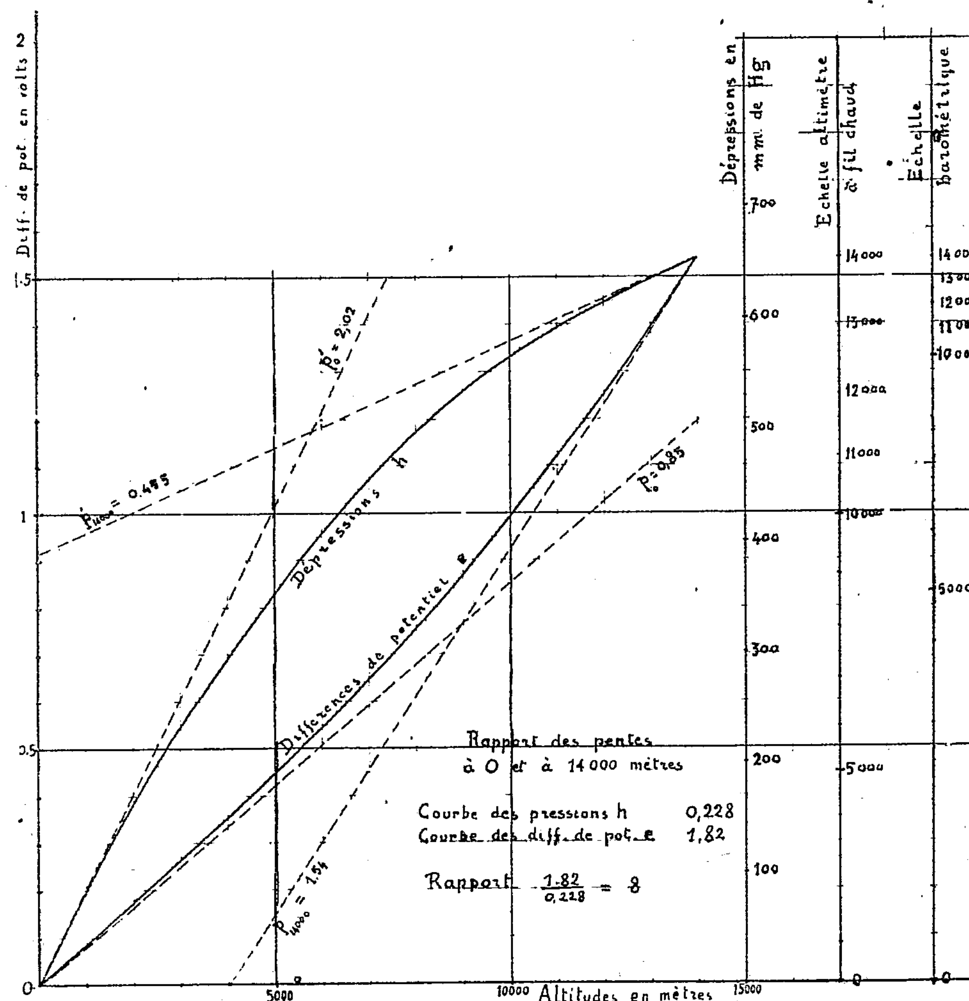


Fig. 2.

Dans un même circuit, nous avons disposé (*fig.* 1) en série une batterie B_1 de 16 volts, un groupe de deux fils de platine F_1 et F_2 de 25^{μ} de diamètre et de 7^{cm} de longueur chacun, montés en parallèle, une seconde batterie B_2

(1) Huguenard, Magnan, Planiol, *Sur un anémomètre à fil chaud à compensation* (*Comptes rendus*, 176, 1923, p. 287).

de 18 volts et une résistance R réglable d'une quarantaine d'ohms. Un voltmètre V qui peut être enregistreur, placé comme l'indique la figure 1, est ramené au zéro de sa graduation en agissant sur la résistance R, l'instrument étant soumis à la pression de 760^{mm} et à une température voisine de 20°.

Si l'on diminue la pression autour des deux fils F_1 et F_2, leur résistance augmente et le voltmètre V dévie. La déviation de celui-ci, si l'on suppose la température de l'air constante, mesure alors la densité de l'atmosphère qui entoure les fils et peut par conséquent servir à déterminer l'altitude à laquelle l'air possède cette densité.

Nous avons placé les deux fils F_1 et F_2 sous une cloche dans laquelle nous avons fait le vide, et nous avons noté pour diverses pressions les déviations correspondantes du voltmètre. Nous avons porté en abscisses, sur la figure 2, les altitudes déduites des pressions observées à l'aide de la formule du S. T. Aé. et en ordonnées les indications fournies par le voltmètre. Nous avons obtenu une courbe, qui montre que la sensibilité de notre appareil croît avec l'altitude et se trouve environ 1,8 fois plus grande quand on approche de 14000^{m} qu'au sol.

Nous avons porté sur la même figure 2 les pressions barométriques relatives aux diverses altitudes et d'après lesquelles s'effectuent, à l'aide des baromètres usuels, les déterminations altimétriques. On voit que la variation de pression, pour un même accroissement de l'altitude, est environ 4,4 fois plus petite à 14000^{m} qu'au sol.

Notre dispositif à fil chaud présente donc, par rapport aux baromètres, l'avantage d'une sensibilité près de 8 fois plus grande vers 14000^{m}. D'autre part, aucun des organes qui le constituent ne présente d'hystérésis, et il est en outre très facile de rendre l'instrument insensible aux variations de température extérieure. Il suffit, par exemple, d'employer une résistance R ayant le même coefficient de température que le fil de platine.

D'un autre côté, l'influence de l'humidité est négligeable aux grandes altitudes en raison de la très basse température de l'atmosphère. En effet, pour — 50°, température voisine de celle de la stratosphère, la force élastique de la vapeur d'eau n'est plus que de $0^{mm},034$.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'homogénéité des vitesses initiales des rayons α du polonium.* Note (¹) de Mlle **Irène Curie**, présentée par M. J. Perrin.

On voit que tous les rayons α émis par un même corps radioactif ont des vitesses sensiblement égales. Geiger (²) a vérifié l'homogénéité des vitesses initiales des rayons α du radium C avec une précision qu'il estimait à 0,5 pour 100.

Les expériences sur la distribution de longueur des rayons α (³) m'ont amené à reprendre cette étude pour confirmer ce résultat et pour essayer d'obtenir une précision plus grande. En effet, les différences de parcours observées sont un peu supérieures aux prévisions théoriques, et il convient de s'assurer que cet écart ne provient pas d'un manque d'homogénéité des vitesses initiales. Le rayonnement employé dans mes expériences sur la distribution de longueur étant celui du polonium, c'est également celui-là que j'ai utilisé ici.

La méthode était celle de la déviation magnétique, avec le dispositif ordinaire : les rayons α passent par deux fentes, parallèles entre elles, et à la direction des lignes de champ magnétique; ils sont reçus sur une plaque photographique parallèle aux fentes et perpendiculaire au plan qui passe par elles. On fait le vide dans l'appareil.

Les fentes avaient environ $0^{mm},05$ de largeur et étaient distantes de 4^{cm}; la source de rayonnement était placée à quelques millimètres au-dessous de la première fente et la plaque était à 18^{cm} de celle-ci; on employait un champ de 10000 gauss environ, avec des pièces polaires de 11^{cm} de diamètre.

On fait successivement une pose sans champ magnétique et une pose avec champ magnétique; on compare sur la plaque la largeur, $2\delta'$, de la raie déviée à celle 2δ, de la raie non déviée.

L'étude des conditions de l'expérience paraîtra prochainement dans un autre Recueil. Elle se divise en trois parties :

1° *Étude géométrique.* — Les vitesses des rayons étant supposées égales, et les fentes parfaites, on détermine par le calcul l'élargissement relatif $\frac{\delta'-\delta}{\delta}$ que doit subir la raie déviée par rapport à la raie non déviée, quand la

(¹) Séance du 9 mars 1925.

(²) Geiger, *Radium*, 7, 1910, p. 136.

(³) Irène Curie, *J. de Phys. et Rad.*, 4, 1923, p. 170.

déviation est X; on est obligé de supposer une distribution de champ magnétique plus simple que celle qui existe réellement, mais on peut voir que cela n'a pas d'importance, étant donné qu'il ne s'agit pas d'une détermination absolue de la vitesse.

2° *Étude physique.* — On examine ensuite les diverses causes d'erreur qui peuvent modifier la largeur des raies, les vitesses des rayons étant toujours supposées égales :

Les bords des fentes, qui doivent être très parfaits sont constitués par des biseaux de quartz taillé; on discute l'effet des rayons α qui traversent l'extrême bord des biseaux.

La constance du champ magnétique est réalisée à 1 pour 1000 près.

La longueur de la source de rayonnement ne doit pas dépasser 3^{mm} environ, sans quoi l'on observe un élargissement de la raie déviée qui n'est pas prévu géométriquement et qui résulte de ce que le champ magnétique n'est pas absolument constant le long de lignes parallèles aux fentes.

3° *Influence des différences des vitesses sur la largeur apparente de la raie déviée.* — On définit l'intensité d'impression sur la plaque comme proportionnelle au nombre de rayons reçus; on calcule la courbe de variation de l'intensité dans la largeur de la raie déviée en faisant successivement les suppositions suivantes : (*a*) les vitesses sont réparties autour d'une vitesse V suivant une loi de probabilité de coefficient v; (*b*) les vitesses sont réparties uniformément entre deux vitesses très voisines $V - v_1$ et $V + v_1$. On trouve que la courbe d'intensité est pratiquement la même pour la répartition de probabilité avec coefficient v et la répartition uniforme entre $V - v_1$ et $V + v_1$ où $v_1 = 1,1\,v$, bien qu'il il y ait théoriquement une grande différence, puisque l'intensité ne s'annule qu'à l'infini dans le premier cas, pour une limite finie dans le second cas.

Un fait ressort de l'étude de la courbe d'intensité : l'élargissement de la raie déviée dépend du rapport de l'intensité maximum I (intensité au milieu de la raie) à l'intensité minimum i observable au microscope sur les bords de la raie. Pour un rapport $\frac{I}{i}$ trop faible, on ne peut constater aucun élargissement de la raie déviée; quand le rapport $\frac{I}{i}$ augmente indéfiniment, l'élargissement augmente indéfiniment dans le cas (*a*), jusqu'à une limite $X \times \frac{2v_1}{V}$ dans le cas (*b*).

Par conséquent, on ne peut attacher aucun sens numérique précis à une expérience sur l'égalité de largeur des raies quand il n'y a aucune indica-

tion d'intensité. Ainsi, dans l'expérience de Geiger, où l'auteur mesurait la largeur d'une bande de scintillations, l'élargissement de la raie déviée était trouvé inférieur à 0,5 pour 100 de la déviation : la conclusion géométrique suivant laquelle l'homogénéité des vitesses était vérifiée à la même précision est inexacte; si le nombre de scintillations était grand (ce que l'auteur n'indique pas) la précision pouvait être assez grande, mais n'atteignait certainement pas 0,5 pour 100.

Résultats expérimentaux. — Dans mes expériences, une indication approximative de la valeur du rapport $\frac{I}{i}$ était fournie par la visibilité d'une raie faible (faite en renversant le champ) correspondant à une pose six ou sept fois plus faible que la pose de la raie déviée et non déviée.

Bien que la pose pour chacune de ces raies fût de 5 ou 6 heures, l'intensité était faible, car il est difficile d'obtenir une source de densité d'activité suffisante et présentant en même temps une surface très propre, sur laquelle les rayons ne peuvent subir aucune absorption.

Dans l'un des meilleurs clichés, on pouvait apprécier à 8 ou 10 environ le rapport $\frac{I}{i}$ de l'intensité maximum à l'intensité limite observable; la déviation était de $3^{cm},6$, la largeur de la raie de $0^{mm},40$. On peut estimer qu'un élargissement de $0^{mm},03$, soit 0,8 pour 1000 de la déviation, aurait été décelé.

Il n'y a aucune indication des différences des vitesses initiales des rayons α du polonium. Si l'on admet une répartition uniforme des vitesses entre deux limites, l'écart extrême n'atteint pas 0,3 pour 100. Si l'on admet une répartition des vitesses autour de la vitesse V, suivant une loi de probabilité de coefficient $v = \gamma V$, on trouve $\gamma < 0,15$ pour 100, c'est-à-dire que les trois quarts des rayons ont des vitesses qui diffèrent de moins de 0,3 pour 100.

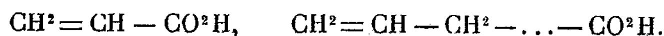
CHIMIE ORGANIQUE. — *Relation entre la structure des monoacides non saturés et leur oxydation sulfochromique comparée.* Note de M. **Louis-Jacques Simon.**

Une Note précédente (¹) a montré que dans le groupe des biacides non saturés l'existence d'un groupe $CH^2 =$, latéral était corrélatif de la com-

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 673-675.

bustion chromique complète, c'est-à-dire, dans la terminologie adoptée, d'un *déficit d'oxydation chromique nul.*

I. En est-il de même des monoacides non saturés renfermant le groupe CH^2, c'est-à-dire de l'acide acrylique et de ses homologues directs?



$$CH^2 = CH - CO^2H, \quad CH^2 = CH - CH^2 - \ldots - CO^2H.$$

Les résultats de cette enquête se trouvent réunis avec d'autres dont il sera question plus loin dans le tableau suivant dans lequel, conformément à des conditions déjà exprimées, C_1 représente la teneur centésimale en carbone révélée par l'oxydation chromique, C_2 la teneur centésimale réelle obtenue avec une approximation suffisante au moyen de la méthode au bichromate d'argent et $\Delta = \frac{C_2 - C_1}{C_2} n$ le déficit d'oxydation, c'est-à-dire le nombre d'atomes de carbone qui échappent ou sont dissimulés à l'oxydation chromique.

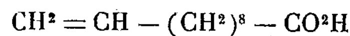
Nom des substances.	Carbone pour 100. C_1 par CrO^3.	C_2 par CrO^7Ag^2.	Valeur théorique.	Déficit d'oxydation. Δ.
Acrylate de sodium	38,26 38,4 39,1	40 39,9 40,5	38,29	0
» d'argent	19,4 19,6 19,74	20,1 20,0	20,1 20,0	0
» de plomb	19,14 20,06	20,3 20,5	20,3 20,5	0
Acide crotonique	41,82	55,49	55,8	1
Crotonate de méthyle	43,77 43,8	58,8 59,1	60	1,1
Crotonate d'éthyle	27,1 26,8	63,3 63,6	63,15	3,1
α-β-penténoïque	51,3 51,5	60,1 59,9	60	0,7
α-β-penténoate d'argent	24,2 24,4	29,1 29,8	29	0,8
γ-δ-penténoïque (Éch. I)	50,1 49,3 48,9	60,1 59,6 59,7	60	0,9
» (Éch. II)	47,6 47,1 48	59,8 60,2 60,2	60	1
γ-δ-penténoate de méthyle	55 54,95	62,6 63,1	63,15	0,8
Acide diméthylacrylique	41,8 42,1	60,1 60,4	60	1,5
Acide tiglique	36,3 36,2 35,9	59,9 60,1	60	2
Tiglate de méthyle	41,9 42,1	63,2	63,16	2
Acide undécylénique	64,4 63,85	71,25 71,3	71,74	1,16
Undécylénate de baryum	48,97 49,29 49,07 48,7	52,14 52,41 52,5	52,44	0,7
Acide cinnamique	73,3 73,2	72,91 72,67	72,97	0
Cinnamate de méthyle	73,1 73,8	74 73,75 73,92	74,07	0

On peut se rendre compte que $\Delta = 0$ pour les sels de l'acide acrylique. Ceci se vérifiera certainement pour l'éther méthylique et pour l'acide lui-même, à condition de l'avoir pur.

Pour l'acide allylacétique — γ-δ-penténoïque — $\Delta = 1$. Il y a là une

contradiction apparente qui s'explique par le fait connu qu'en présence d'acide sulfurique concentré cet acide s'isomérise en γ-lactone. Celle-ci se comporte à l'oxydation comme l'oxyacide correspondant, c'est-à-dire comme l'acide saturé (¹) correspondant pour lequel $\Delta = 1$. Il en serait de même pour le β-γ-penténoïque. La même anomalie se présenterait pour l'acide vinylacétique.

Pour l'acide undécylénique dont la formule admise sans restriction dans la dernière édition du dictionnaire de Berlstein est



$$CH^2 = CH - (CH^2)^8 - CO^2H$$

on devait s'attendre également à une valeur nulle pour Δ. Or on observe $\Delta = 1,16$; *ici ce n'est pas une anomalie : la formule admise doit être inexacte.* D'ailleurs dès 1894 Goldsobel (²) en rectifiant la formule de l'acide ricinoléïque donnée par Krafft avait proposé comme corollaire de remplacer la formule de l'acide undécylénique par une autre dans laquelle la double liaison était déplacée $CH^3 - CH = CH - (CH^2)^7 - CO^2H$. Avec cette formule s'accorde la valeur de Δ.

II. Qu'arrive-t-il pour les monoacides non saturés ne renfermant pas le groupe $CH^2 =$, pour ceux qui renferment le groupe $CH^3 - CH =$ tels que l'acide crotonique $CH^3 - CH = CH - CO^2H$? L'oxydation intermédiaire fournit un biacide pour lequel $\Delta = 0$ et une molécule d'acide acétique.

On est donc ramené au cas des acides saturés renfermant le même nombre d'atomes de carbone (*loc. cit.*). L'acide crotonique se comportera donc comme l'acide butyrique $\Delta = 0,92$, le β-γ-pentenoïque comme l'acide valérique $\Delta = 1,05$, l'acide undécylénique comme l'acide saturé au C^{11} c'est-à-dire à peu près comme l'acide laurique en C^{12} pour lequel $\Delta = 1,18$, etc.

III. Qu'arrive-t-il enfin pour les acides non saturés renfermant un radical CH^3 en chaîne latérale? Comme dans tous les cas observés jusqu'ici la valeur s'élève et ceci s'interprète comme chacun peut s'en rendre compte par les termes intermédiaires d'oxydation. C'est ce que le tableau montre pour les acides diméthylacrylique et tiglique qui sont tous deux des acides méthylcrotoniques substitués, le dernier au voisinage du carboxyle, l'autre à l'atome de carbone suivant.

(¹) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 167.
(²) *D. ch. G.*, 27, 1894, p. 3123.

IV. Enfin pour l'acide cinnamique, l'oxydation doit comporter la production d'intermédiaire d'acide benzoïque et d'acide oxalique pour lesquels $\Delta = 0$. L'accord est donc excellent.

En résumé, pour tous les corps examinés la méthode de détermination du carbone par *l'oxydation au bichromate d'argent* s'applique avec une approximation suffisante et la méthode *d'oxydation chromique comparée* comme je la désignerai désormais, conduit à des conclusions conformes à la structure. En particulier elle suggère pour l'acide undécylénique une formule différente de celle qu'on admet aujourd'hui et qui doit donc être soumise à de nouveaux contrôles.

MINÉRALOGIE. — *Sur deux clinochlores chromifères du Togo.* Note de M. J. ORCEL.

Dans une étude sur la chromite du mont Djéti, cercle d'Atakpamé (Togo), M. H. Arsandaux (¹) signale l'existence d'une chlorite chromifère tantôt violette, tantôt verte, formant un revêtement discontinu de couches feutrées un peu schisteuses à la surface de blocs de chromite au voisinage de Patevi à 20^{km} au sud-sud-ouest d'Atakpamé.

Ces chlorites se présentent sous forme de petites lamelles dont la plus grande dimension ne dépasse pas 1 à 2^{mm}. Elles sont de signe optique positif; l'angle de leurs axes optiques est très faible, mais le mauvais état des lamelles n'en permet pas de mesure correcte. Leur biréfringence est voisine de celle du clinochlore; elles ne sont pas polychroïques en lames minces.

Presque toutes ces lamelles renferment une plage centrale moins biréfringente mais de même orientation optique que les bords. Les contours en sont nettement délimités et parallèles à ceux de la lamelle. Ces plages sont l'indice de petites variations locales de composition chimique.

Les lamelles, surtout celles de la variété verte, présentent fréquemment des macles polysynthétiques suivant p.

D'après M. H. Arsandaux, « on trouve généralement associées ces deux variétés de chlorite, la verte recouvrant la violette et celle-ci étant en contact avec la chromite ».

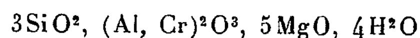
L'analyse chimique de ces deux minéraux m'a conduit aux résultats ins-

(¹) H. ARSANDAUX, *Bull. Soc. franç. Min.*, 48, janvier 1925 (*sous presse*).

crits dans le tableau ci-dessous. La chlorite violette (analyse A, moyenne de deux analyses) est mélangée à un peu de chromite qui a été soigneusement éliminée par l'iodure de méthylène; je me suis assuré que les inclusions trop fines qui subsistent dans les lamelles étaient en quantité négligeable, en attaquant la chlorite par le mélange $HF + SO^4H^2$ qui n'attaque pas sensiblement la chromite : le résidu ne dépasse pas 0,10 pour 100 de la masse attaquée. La chlorite verte (analyse B) plus éloignée de la chromite ne renfermait pas d'inclusion de ce minéral. Elle est aussi beaucoup moins chromifère.

	A.	Molécules.		Rapports moléculaires.	B.	Molécules.	Rapports moléculaires.	C.
SiO^2....	31,78	5296		$3 \times 1,76$	32,42	5403	$3 \times 1,80$	32,67
Al^2O^3...	15,24	1494			16,95			13,18
Cr^2O^3...	4,16	273	1796	$1 \times 1,79$	0,85	1755	$1 \times 1,75$	4,09
Fe^2O^3...	0,47	29			0,62			0,71
FeO....	1,20	200	8917	$5 \times 1,78$	1,05	9115	$5 \times 1,82$	0,81
MgO....	34,87	8717			35,88			35,75
H^2O (+).	12,48	6933		$4 \times 1,73$	12,79	7105	$4 \times 1,77$	12,63
	100,20				100,56			99,84

Les résultats analytiques ci-dessus conduisent donc à la formule



$$3SiO^2, (Al, Cr)^2O^3, 5MgO, 4H^2O$$

qui est celle d'un clinochlore dans lequel une partie de l'aluminium serait remplacée par du chrome en quantité plus ou moins grande. La variété violette, riche en chrome, est analogue à la kotschubéite, mais elle en diffère par la valeur du rapport $\frac{SiO^2}{R^2O^3}$ qui est très voisin de $\frac{10}{3}$ pour ce dernier minéral, comme le montre l'analyse C, moyenne des analyses de kotschubéite d'Ufaleisk et de Schuschinsk (Jujinsk), district de Bilimbaewsk (Oural), faites par N. Zinin et le duc N. de Leuchtenberg (¹). Les teneurs en FeO et Fe^2O^3 indiquées sont celles que j'ai déterminées sur un échantillon d'Ufaleisk de la collection du Muséum, ces auteurs ne donnant que la teneur en fer total.

Les indices et la densité des deux clinochlores chromifères de Patevi, de composition chimique semblable, augmentent en même temps que la teneur en chrome.

L'indice n_p a été mesuré par la méthode de M. P. Gaubert (²) et la densité

(¹) Cf. N. Kokcharow, *Mater. Min. Russ.*, 5, 1866, p. 369.
(²) P. Gaubert, *Bull. Soc. franç. Min.*, 45, 1922, p. 89.

par la méthode de la balance hydrostatique en utilisant le xylol comme liquide d'immersion.

J'ai obtenu les valeurs suivantes :

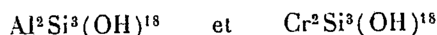
	Densité.	n_p (flamme jaune du sodium).
Clinochlore violet	2,673	1,579 ± 0,002
Clinochlore vert.................	2,657	1,571 ± 0,002

La petitesse des lamelles qui rend difficile leur orientation ne permet pas de mesurer correctement n_g, mais la biréfringence des deux variétés étant la même, cet indice s'accroît vraisemblablement en même temps que n_p quand la teneur en chrome augmente.

L'identité de composition chimique et en particulier de la teneur en fer permet de constater que la coloration violette n'apparaît qu'au-dessus d'une certaine teneur en chrome. Pour les teneurs inférieures la coloration verte due au fer domine.

On peut comparer ces deux variétés de chlorite au « clinochlore mimétique » du Zillerthall décrit par Tschermak (1). Leur uniaxie apparente pourrait s'expliquer comme dans ce minéral par des macles répétées de lamelles biaxes entre-croisées.

Dans la théorie de M. W. Vernadsky (2) sur les alumosilicates, ces deux clinochlores chromifères peuvent s'interpréter comme des mélanges isomorphes de sels acides de deux acides complexes de même formule :



$$Al^2Si^3(OH)^{18} \quad \text{et} \quad Cr^2Si^3(OH)^{18}$$

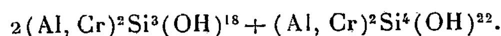
dérivés des anhydrides théoriques $Al^2Si^3O^9$ et $Cr^2Si^3O^9$ par combinaison avec $9H^2O$.

Les kotschubéites d'Ufaleisk et de Schuschinsk ont une composition plus compliquée correspondant à la formule



$$10SiO^2, \quad 3Al^2O^3, \quad 16MgO, \quad 13H^2O.$$

On peut les envisager comme des sels doubles acides des acides alumo et chromosiliciques complexes :



$$2(Al, Cr)^2Si^3(OH)^{18} + (Al, Cr)^2Si^4(OH)^{22}.$$

Le premier est l'acide du clinochlore; le second dérive de l'anhydride complexe $Al^2Si^4O^{11}$ (anhydride de la pyrophyllite) par combinaison avec $11H^2O$; on peut le faire intervenir dans l'interprétation de la composition chimique des pennines.

(1) Tschermak, *Sitz. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien*, 99 (1), 1890, p. 56.

(2) W.-J. Vernadsky, *Bull. Ac. Sc. Saint-Pétersbourg*, (6), , 1909, p. 1183-1202.

LITHOLOGIE. — *Sur quelques types de roches écrasées des Vosges.* Note de M. JEAN JUNG.

Le massif ancien des Vosges offre de bonnes conditions pour l'étude des phénomènes d'écrasement et de recristallisation des roches au cours des phénomènes orogéniques. Les observations que l'on peut y faire mettent en évidence certains points du mécanisme par lequel s'opèrent ces transformations.

Le terrain cristallophyllien y est d'âge antécambrien; il forme en effet le soubassement de la série primaire. Il doit son métamorphisme régional et ses premiers plissements à des phases orogéniques très anciennes.

Ce vieux massif a été repris ensuite dans la chaîne hercynienne. Il a été détruit en partie à la fin du Dinantien par l'intrusion du granite porphyroïde et par les phénomènes orogéniques intenses qui ont suivi cette période de métamorphisme.

On trouve des roches écrasées appartenant à deux types différents. Les unes sont des mylonites hercyniennes formées aussi bien aux dépens du granite que du gneiss. Les autres, plus anciennes, sont antérieures à l'intrusion du granite; elles portent la trace d'un certain métamorphisme qui les a transformées en gneiss œillés.

Mylonites. — Les mylonites ont un grand développement le long des grands accidents tectoniques hercyniens et en particulier le long de la ligne de contact anormal qui sépare les gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines du massif du granite du Haut-du-Faite. L'intensité de l'écrasement est très variable; tantôt les roches sont réduites à l'état de fine bouillie, tantôt elles ont simplement acquis une structure cataclastique. En plaque mince comme sur le terrain, on voit que le granite n'a pas été également écrasé dans toute sa masse; des paquets de roche peu déformée ont glissé entre des zones d'étirement intense en sorte que le laminage se traduit par l'écoulement fluidal de lentilles glissant les unes contre les autres.

Cet écrasement a été suivi de transformations minéralogiques.

La biotite très colorée primitive a donné naissance à de petites paillettes d'une biotite blonde, d'apparence séricitéuse, qui a constitué dans toute la roche un véritable feutrage. On trouve aussi de l'anatase, de l'épidote et, parfois, des rosettes d'une chlorite aciculaire assez biréfringente. Le tout est cimenté par le quartz secondaire qui se présente sous la forme d'une marqueterie de grains isométriques ou, encore, en traînées floues serpentant entre les débris.

Une observation attentive montre qu'il y a eu en outre une néoformation de feldspaths alcalins dont l'intensité n'est pas négligeable.

Il est parfois difficile de faire la part entre les feldspaths anciens et les feldspaths de néoformation; les extinctions roulantes des cristaux primaires tordus se confondent avec le moirage de l'orthose et du microcline nouvellement formés. Mais on observe facilement la naissance de feldspaths alcalins dans les fentes dépourvues de minéraux primaires.

Dans ce type de roche qui mérite le nom de *mylonite*, on observe simplement la néoformation de minéraux d'origine hydrothermale.

Gneiss œillés. — Tandis que le granite porphyroïde écrasé en reste au stade mylonite, il existe dans le massif de gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines d'autres roches laminées plus anciennes, qui sont devenues de véritables gneiss œillés.

Dans les gneiss œillés de Bois-l'Abbesse, qui forment des lames alternant avec des leptynites, les phénomènes mécaniques sont les mêmes que ceux qui viennent d'être décrits. Cependant on ne trouve plus ni chlorite, ni épidote, ni anatase; la biotite blonde séríciteuse est remplacée par une biotite franche très polychroïque. Les feldspaths nouveaux remplissent avec le quartz les vides de la roche.

Dans les gneiss œillés de Sainte-Croix, la biotite et la hornblende de néoformation ont le même aspect que dans un gneiss véritable et moulent, avec l'albite et l'orthose de néoformation, les anciens cristaux brisés.

Les recristallisations des gneiss œillés de Sainte-Croix et de Bois-l'Abbesse rappellent tout à fait celles des schistes métamorphisés au contact du granite. On trouverait dans les leptynolites les mêmes lamelles de biotite dispersées dans une pâte de quartz et de feldspaths alcalins à contours crénelés.

Il est donc extrêmement probable qu'on se trouve en présence de termes du terrain cristallophyllien écrasés et métamorphisés dès avant la phase orogénique hercynienne. C'est ce que démontre le fait suivant : à Liêpvre ces gneiss œillés métamorphiques sont de nouveau réduits à l'état de mylonite par le plissement hercynien.

En résumé, on n'observe pas, dans les Vosges, de passage progressif des mylonites aux gneiss œillés. Les mylonites qui ont été formées postérieurement à tout métamorphisme ne montrent nulle tendance à recristalliser en un gneiss; au contraire, les gneiss œillés sont des roches très anciennement laminées qui ont subi ensuite l'action du métamorphisme.

GÉOLOGIE. — *Sur la nature d'un massif éruptif : « l'Antatika-Ambereny », de l'Ouest de Madagascar.* Note de M. **Louis Barrabé.**

L'Antatika est une chaîne montagneuse fermée, presque rigoureusement circulaire, de 14^{km} environ de diamètre moyen, située entre les fleuves Ranobe et Manambao, à l'Est de l'extrémité Nord du Bemaraha.

A l'intérieur de la chaîne et la bordant sur toute sa circonférence se trouve une dépression où coulent les principales rivières qui drainent le massif : l'Andaka, l'Ambinda et l'Ambaheva qui, après s'être frayé des passages par des gorges étroites à travers l'Antatika, vont se jeter dans le Ranobe vers le Nord et vers l'Ouest; l'Ankatrafahy qui va grossir le Manambao vers le Sud.

La dépression circulaire intérieure enserre un plateau, de 350^{m} d'altitude moyenne, supportant un piton élevé : le Mont « Ambereny » (550^{m}) situé au NE du centre du massif dont il est le point culminant.

Malgré sa disposition topographique très curieuse, l'Antatika ne semble pas avoir attiré l'attention des explorateurs; il a été figuré pour la première fois comme un massif volcanique par MM. Léon Bertrand et Léonce Joleaud sur la carte géologique accompagnant le rapport de la mission officielle qu'ils ont effectuée dans l'Ouest de Madagascar en 1923. Beaucoup d'auteurs considéraient ce massif comme constitué par des terrains sédimentaires. Une étude de la structure et de la constitution pétrographique de ce massif s'imposait donc.

Une des coupes les plus nettes et en même temps la plus accessible du rempart extérieur, c'est-à-dire de l'Antatika proprement dit, est fournie par la vallée de l'Andaka, affluent du Ranobe qu'il rejoint au SE de Tsimirandro.

Lorsqu'on remonte le cours de cette rivière, en partant de son confluent avec le Ranobe, on traverse d'abord une série de grès fins gris verdâtre, plus ou moins micacés et de schistes, l'ensemble présentant un pendage faible vers le Nord. Mais très vite on atteint la gorge qui traverse l'Antatika : les bancs gréseux et schisteux se relèvent alors sensiblement, jusqu'à un pendage NE de 8° environ. A quelque distance en aval de l'aplomb de la crête, des cornéennes et de quartzites, parfois micacés et augitiques, succèdent à la série sédimentaire normale. Quelques centaines de mètres plus en amont encore, on atteint une roche éruptive blanchâtre ou jaunâtre, très fortement arénisée : c'est un gabbro à faciès leucocrate, constitué par

de grands cristaux de labrador englobant quelques gros éléments de diallage. C'est cette roche très altérée et peu résistante qui constitue la zone déprimée où coulent l'Andaka et l'Ambinda; elle est fréquemment traversée par des dykes de microgabbro sombre et de microgranite. La crête de l'Antatika, de part et d'autre de la vallée, est formée de cornéennes ou de grès-quartzites à augite et biotite avec nombreuses intercalations de gabbro à grain plus ou moins fin.

La vallée de l'Ankolitrazo, qui va se jeter dans le Ranobe au SW de Tsimirando, présente la même coupe : la série sédimentaire, constituée par des grès et des schistes gris verdâtre, se redresse et se métamorphise, aux abords du massif éruptif qui occupe le cirque intérieur de l'Antatika. La bordure de ce massif se montre formée, à la grande chute de l'Ankolitrazo, par une alternance de gabbros à grain et faciès différents, d'où résulte une disposition en couches litées ayant l'aspect, à distance, de formations sédimentaires.

Vers le Sud et vers l'Est de l'Antatika, la structure de la bordure du massif est la même : la crête de l'Antatika est constituée par des grès-quartzites et des cornéennes, par un gabbro souvent à grain fin ou parfois par un microgranite.

Le vaste plateau circulaire qui occupe la région centrale du massif paraît avoir une structure très simple : une traversée du Nord au Sud, depuis les sources de l'Ankolitrazo jusqu'au point de sortie de l'Ankatrafahy, au cours de laquelle j'ai fait l'ascension de l'Ambereny, m'a permis de constater que : 1° le plateau proprement dit est constitué presque entièrement par un gabbro, sombre en général, à labrador, diallage et olivine, qui repose très nettement sur le gabbro leucocrate de la dépression périphérique; 2° l'Ambereny est un culot acide qui semble formé en totalité par un microgranite pauvre en éléments colorés et présentant le plus souvent une structure pegmatitique.

En résumé, l'Antatika-Ambereny est donc un gros massif éruptif qui a légèrement soulevé et métamorphisé les sédiments permo-triasiques dans lesquels il a fait intrusion : ce sont les cornéennes et les quartzites résultant de ce métamorphisme, ainsi que des intercalations de gabbro, qui constituent la crête de l'Antatika; de nombreux dykes de microgabbro et de microgranite ou de rhyolite traversent les sédiments avoisinants. Le massif éruptif lui-même est composé d'une zone profonde de gabbro leucocrate qui n'est visible que sur le pourtour du plateau central, d'une zone moyenne de gabbro normal ou mélanocrate formant ce plateau lui-même surmonté d'une

troisième zone de microgranite dont il ne subsiste que le mont Ambereny. Les zones les plus profondes sont injectées secondairement par des dykes ou filonnets de même nature pétrographique que les zones superposées.

Cette disposition ne permet pas, à mon avis, de considérer l'Antatika-Ambereny comme un volcan; plusieurs caractères sont plus particulièrement incompatibles avec cette manière de voir: 1° la nature grenue des roches constituant le massif, les roches acides comprises; 2° le redressement des couches sédimentaires et leur métamorphisme sur le pourtour de l'Antatika; 3° enfin l'absence d'intercalations de tufs et de cinérites dans la série éruptive.

Il y a donc lieu de penser, malgré la forme circulaire très régulière du rempart de l'Antatika, que l'on se trouve en présence d'un laccolite. L'âge de cette intrusion est difficile à préciser; toutefois, elle est certainement postérieure aux couches du Trias qui ont été soulevées. D'autre part, le seul indice local d'une formation géologique postérieure à la mise en place de ces roches, est fourni par la présence de galets roulés de quartz sur la crête de l'Antatika et même sur le sommet de l'Ambereny : ce sont les témoins d'une nappe alluviale dont les éléments proviennent du massif cristallin et qui s'est déposée à la suite d'une pénéplénation importante de la région. Dans l'état actuel de nos connaissances, il est difficile de préciser s'il s'agit là de la base de la série transgressive du Crétacé moyen ou, plus vraisemblablement, des dépôts formés à la surface de la pénéplaine néogène.

GÉOLOGIE. — *L'âge relatif des phtanites et dolomies du calcaire carbonifère du Nord de la France et de la Belgique.* Note de M. L. Cayeux, présentée par M. H. Douvillé.

Les phtanites, qui sont au calcaire carbonifère ce que sont les silex par rapport à la craie, se développent non seulement dans le calcaire mais dans la dolomie qui lui est subordonnée. En raison du mystère qui continue à planer sur la dolomitisation des calcaires, il est intéressant de fixer l'âge relatif des accidents siliceux et des dolomies qui les renferment. Je choisirai pour cela une dolomie à phtanites appartenant à l'horizon caractérisé par *Syringothyris cuspidata* et *Caninia patula*, exploitée près d'Avesnes-sur-Helpe (Flaumont-Waudrechies (Nord). L'analyse de nombreux échantillons permet de distinguer trois types.

1. *Phtanites riches en débris organiques, sans traces d'inclusions dolomitiques.* — La roche, souvent pétrie de restes organiques, réalise le type de nombreux phtanites observés dans le calcaire carbonifère non dolomitisé. On y reconnaît en toute certitude les groupes suivants : Brachiopodes, Bryozoaires, Oursins, Crinoïdes, Spongiaires, Foraminifères, Radiolaires, auxquels il faut ajouter des débris douteux de Mollusques. Seuls les restes d'Échinodermes sont partiellement calcaires. Le dessin de ces éléments est souligné par une matière brune qui souille le fond des préparations et par une cristallisation de la silice plus large que celle de la gangue. Des préparations ont conservé dans tout ou partie de leur étendue une foule de débris calcaires, visibles aux plus faibles grossissements, tous rongés, représentant, à n'en pas douter, des témoins de la composition première du dépôt.

Aucune trace de dolomie n'existe dans ces phtanites, et la transition des rognons à la dolomie se fait de façon brusque. Il en résulte que la silicification est antérieure à la dolomitisation.

2. *Phtanites plus ou moins riches en débris organiques avec inclusions dolomitiques.* — Le fond de la roche reste ce qu'il était dans le précédent type. Les organismes sont en général moins nombreux et moins bien conservés. On y retrouve des témoins calcaires sous toutes les formes indiquées plus haut. La seule différence importante, c'est qu'à la périphérie des rognons, à proximité de la gangue dolomitique, voire même dans toute leur masse, il existe des inclusions dolomitiques. Ce sont de menus rhomboèdres parfaits, des cristaux incomplets, des grains subrhomboédriques, des éléments corrodés et des traînées irrégulières, capricieusement rongées. Il y a donc là, en présence, des matériaux dolomitiques que la silicification a respectés et d'autres, en grande minorité, qui sont en régression. Chose importante, l'existence de la dolomie dans les phtanites n'exclut pas du tout celle du calcaire dans les organismes et dans la gangue. De telle sorte que le milieu était encore essentiellement calcaire quand la silicification s'est opérée.

3. *Phtanites plus ou moins dépourvus de restes organiques avec nombreuses inclusions dolomitiques.* — A la différence des précédents, ces phtanites ne renferment que très peu ou point d'organismes reconnaissables et les inclusions dolomitiques y jouent un grand rôle. De grandes plages ne renferment aucune trace de dolomie. D'autres sont riches en traînées et amas ne différant en rien de la dolomie encaissante. A proximité et à distance des unes et des autres des cristaux plus ou moins libres abondent,

et parmi eux se trouvent en nombre très élevé des éléments réalisant avec perfection la forme rhomboédrique. Les faits sont tels que la silicification a respecté la presque totalité de la dolomie, et qu'elle a progressé un peu à ses dépens. Ici, comme là, 'on retrouve des émoins calcaires déchiquetés dans les amas silicifiés.

Abstraction faite de la dolomie, la constitution des échantillons étudiés reproduit, trait pour trait, celle de beaucoup de phtanites des calcaires. Voilé par une matière brune, le fond se résout en calcédoine, peu fibreuse d'aspect, et de cristallisation très fine. Les petits îlots qui font exception marquent l'emplacement d'organismes dont le dessin est souligné par une calcédoine cristallisée en éléments moins exigus, répartis confusément ou ordonnés. Le quartz, parfois si répandu dans les phtanites des calcaires, manque complètement. De rares filonnets calcaires, et jamais dolomitiques, traversent le tout.

A l'état pur, la dolomie, qui englobe les phtanites étudiés, revêt des caractères très uniformes. Elle se résout en éléments tendant vers des formes géométriques, cristallisés le plus souvent en grains subrhomboédriques et parfois en rhomboèdres parfaits. Des variétés font à la calcite une place qui n'est pas négligeable. Mais les organismes, qu'ils fussent calcaires ou siliceux à l'origine, en sont invariablement exclus jusqu'à la dernière trace.

Dès l'instant que tous les phtanites analysés renferment des organismes reconnaissables, et parfois en grand nombre, il faut de toute nécessité admettre que la silicification s'est faite alors que ces organismes existaient encore, soit avant tout ou partie de la dolomitisation.

Pour ce qui concerne le gisement en vue, il est évident que *selon les points considérés, les phtanites se sont développés, soit avant l'invasion de la dolomie, soit au début de la dolomitisation, soit en un temps où le phénomène était déjà très amorcé, et toujours en milieu calcaire.* La présence du calcaire est, en effet, dans tous les cas une condition absolument nécessaire pour qu'il y ait silicification.

J'ai retrouvé les trois manières d'être précédentes dans les phtanites des dolomies dinantiennes de Belgique, sauf à dire que, faute d'échantillons suffisants, je n'ai pu m'assurer de leur coexistence dans un seul et même gisement. Les variantes observées sont dénuées d'intérêt général.

On ne perdra jamais de vue en étudiant les phtanites des dolomies qu'en raisonnant sur un seul et unique spécimen pour un gisement donné, on court le risque de conclure à faux, du fait que la dolomitisation a pu

débuter à des moments différents en des points très voisins. C'est ce que démontre la dolomie des environs d'Avesnes-sur-Helpe.

Il est maintenant permis d'affirmer *a priori* que toute dolomie carbonifère, riche en phtanites, résulte d'une dolomitisation postérieure à la silicification. L'inverse n'est pas nécessairement vrai, car une dolomie peut être dépourvue de phtanites, pour deux raisons, soit qu'elle dérive d'un calcaire originellement privé de spicules siliceux et dolomitisé à n'importe quel moment, soit qu'elle résulte d'un calcaire à spicules d'Eponges, dolomitisé avant la concentration de la silice en phtanites, et, partant, désilicifié au cours de la dolomitisation. C'est croyons-nous dans ces considérations qu'il faut chercher l'explication d'un fait, évident en toute hypothèse, à savoir que les calcaires dinantiens du Nord de la France et de la Belgique sont incomparablement plus riches en phtanites que les dolomies qui les accompagnent.

GÉOLOGIE. — *Le Djebel Ayachi (Maroc)*. Note [1] de M. J. Savornin, transmise par M. Ch. Depéret.

La structure de l'Ari n'ai't Ayach a déjà fait l'objet d'appréciations divergentes. Deux explorateurs, non géologues (Segonzac et Humbert), ont seuls pu atteindre le sommet de cette montagne, en l'abordant par le flanc Nord. On ignore à peu près totalement ce qui est au delà de la haute crête visible de Midelt (et d'ailleurs accessible au prix d'une excursion qui serait sans difficulté, moyennant quelques précautions dans le choix du moment). Par temps clair, le revers méridional se voit admirablement de Gourrama ; mais c'est à 75^{km}.

J'ai pu, en octobre 1924, observer de près tout le revers nord, jusqu'au pied de la crête principale.

Il est certain, comme l'ont écrit Humbert [2] et J. Barthoux [3], que la présence de granite au sommet de l'Ayachi est controuvée. La teinte rose,

---

(1) Séance du 23 février 1925.

(2) *Végétation du Grand Atlas marocain, Exploration botanique de l'Ari Ayachi* (*Bulletin Soc. Hist. nat. Afr. du N.*, 15, 1922, p. 147).

(3) *Moyenne, Haute Moulouya et Grand Atlas* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 24, 1924, p. 233).

dont se colore la neige à certaines heures, ne provient pas d'une fine poussière granitique, selon l'interprétation de A. Beaugé (1). Sans aller jusqu'au sommet, on peut se renseigner indirectement sur les roches qui y affleurent : il suffit d'examiner les galets du Tagat n' Flilo et de l'oued Ikis.

J'ai déjà exposé, ici-même (2), que le Grand Atlas, dans sa moitié méridionale — improprement appelée quelquefois : Hauts-plateaux — est formé de replis des étages liasiques et inféro-colithiques laissant place, entre leurs anticlinaux saillants, à un échiquier de plaines où se voient quelques synclinaux en relief. La moitié septentrionale est beaucoup plus compacte. L'Ayachi est la plus imposante crête, parmi un moutonnement de hauts reliefs. Son point culminant, à 28^{km} sud-ouest de Midelt, est côté 3876 sur la carte topographique. Les sommets s'abaissent graduellement vers l'Est : 3449 à 2879 (pour la même crête), puis 3033 à 2840 (sur une autre, formant coulisse en retrait au Sud-Est). On trouve ensuite : 2950 au Bou-Graou, 2766 au Bou-Agra, 2200 (environ) à l'ancien camp de Telr'emt, 2180 à l'Akrabou, 2401 à l'Ouaoumatert, et 2383 au Taghzout. A partir du Kreneg Bertat, la chaîne perd rapidement son relief : 2086 au Tleghmine, dont le prolongement s'ennoie sous le bord du bassin crétacé que j'ai délimité précédemment.

Il n'est ici question que des reliefs directement apparentés à l'Ayachi et servant, comme lui, au partage des eaux du Ziz et de la Moulouya. (Les deux derniers sont incorporés au versant moulouyen, à la faveur de l'extraordinaire canyon de l'oued Bertat; mais ils sont en intime continuité avec l'Ouaoumatert.)

Il peut être intéressant de chercher une explication tectonique au grand relief relatif de l'Ayachi. Beaugé (*loc. cit.*) et Barthoux (*loc. cit.*) s'y sont essayés. La brusque et grande dénivellation qui se manifeste, à Midelt, entre l'Ayachi et la vallée de la Moulouya, les a plus spécialement frappés. Barthoux évalue à 1500^{m} cette dénivellation, rapportée aux couches du Lias. On peut, sans exagération, porter ce chiffre à 2000; mais il n'est pas possible d'attribuer cette particularité à une « fracture frontale » de l'Atlas. Des dénivellations du même ordre se présentent au cœur du massif. La base du Lias, qui se trouve à 2500^{m} au Djebel Mesrouh, est bien près du

(1) *Une hypothèse sur la jonction du Moyen Atlas et du Haut Atlas marocain* (*Bull. Soc. géol., Fr.*, 20, 1920, p. 274).

(2) *Géologie du Haut Guir et de la Moyenne Moulouya* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 281).

niveau de la mer sous la plaine de Gourrama. On pourrait multiplier de tels exemples.

Il ne se passe donc rien de spécial, tectoniquement, au flanc nord de l'Ayachi. C'est un cas, entre vingt autres semblables. La zone subtabulaire qui le précède au Nord est à peine plus large, en définitive, que celle de Fertoumache, à l'est de Gourrama. La présence d'un noyau granitique dans le substratum, au nord de Midelt, suffit à expliquer ce qui est à peine une particularité locale.

Un premier ridement montre le Lias anticlinal, entre deux synclinaux de marnes bajociennes, au Tizi Tazegraout. Le bord méridional du synclinal sud se relève en murailles, bientôt subverticales, au flanc de l'Ayachi. Vers l'altitude 3000^{m}, un « genou » modifie brusquement l'allure de ces couches liasiques. C'est dans cette charnière, ouverte au voisinage du point culminant, que Segonzac a trouvé une roche syénitique et Humbert une roche gneissique.

Notons, que, si le granite est absent de l'Ayachi, la syénite n'est pas rare. Barthoux a déjà remarqué sa présence parmi les galets du Tagat n' Flilo. De semblables galets abondent dans les plaines de Taledzart et Zebzat; or, les torrents qui les y ont amenés descendent des coulisses sud-orientales et non de l'Ayachi.

La structure géniculée n'est d'ailleurs pas spéciale à la plus haute montagne et à ses voisines directes. L'Ouaoumatert et le Tleghmine, plusieurs autres encore, dans les parties centrales et méridionales de l'Atlas, en offrent des exemples non moins caractérisés.

On ne peut donc attribuer une valeur absolue à un fait banal, qui n'a frappé les observateurs, à propos de l'Ayachi (importance de la dénivellation) que grâce au prestige des crêtes neigeuses.

Un fait digne de remarque, c'est que la transgression crétacée ennoie tous les plis, géniculés ou non, qui se dessinent sur la carte géologique, avec la plus instructive netteté.

Un premier mouvement, épirogénique sans doute, au début de l'Oolithique supérieur, a interrompu la sédimentation jusqu'alors continue, non seulement sur le prétendu « horst » de la Haute Moulouya, mais encore sur tout le Grand Atlas plissé, jusqu'à plus de 200^{km} à l'Est. Un premier plissement, antécénomanien, a amorcé la structure. Le plissement nummulitique l'a parachevée.

OCÉANOGRAPHIE. — *Volcans sous-marins abyssaux.* Note de M. J. Thoulet.

Pendant la campagne de circumnavigation du *Challenger* Buchanan a effectué un grand nombre de sondages densimétriques pour chacun desquels il a mesuré, en des points distribués en série verticale depuis la surface jusqu'au fond, la densité *in situ* de l'eau, qui donne la température et permet de calculer la densité normale à 0°, c'est-à-dire la salure. Si d'après ces données on trace les diagrammes de ces sondages, sur chacune des courbes des trois variables rapportées aux mêmes profondeurs, on reconnaît, parmi beaucoup d'autres particularités, que pour certains d'entre eux les courbes des densités *in situ* et des densités normales à 0°, qui se confondent presque aux basses températures des abîmes, au lieu de se continuer régulièrement jusqu'au fond, subissent un relèvement au voisinage de celui-ci. En ces localités les eaux abyssales sont devenues plus denses, c'est-à-dire plus chargées de sels en dissolution.

Par suite du calme des profondeurs, le fait ne peut être attribuable qu'au séjour des eaux sursalées dans des cuvettes ou bassins sans communications latérales avec le liquide environnant et leur excès de salure proviendrait, surtout dans les portions centrales des océans, d'émanations volcaniques de vapeurs et de gaz liquéfiés par la pression et mélangés à l'eau.

L'augmentation de densité sur le fond n'est pas générale; les localités où on la constate sont particulièrement groupées dans les régions connues comme volcaniques dans l'Atlantique nord où la proportion des densités dépassant 1,0280 est de 84 pour 100, puis, par ordre de fréquence décroissante, le Pacifique sud avec 37 pour 100, l'Atlantique sud avec 24 pour 100, l'océan Indien avec 13 pour 100 et le Pacifique nord avec 2 pour 100. Cette statistique s'applique au trajet suivi par le *Challenger*.

Dans l'Atlantique j'ai spécialement étudié, au point de vue topographique et microlithologique, l'immense cratère de la fosse de l'Hirondelle, aux Açores et, au point de vue des densités, dans le Pacifique, les parages au nord de l'archipel Hawaï et de son volcan subaérien Kilanea ainsi que ceux, moins actifs, voisins de Taïti.

Le voisinage d'évents volcaniques abyssaux serait donc signalé par les caractères suivants :

Modelé topographique spécial de la région;

Présence plus ou moins abondante sur le fond de sable volcanique et souvent répartition assez régulière des scories, magma basaltique, silicates ferrugineux, obsidienne, ponces et plaquettes intercalaires volcaniques des boudins;

Augmentation de la densité sur le fond et immédiatement par-dessus celui-ci; importance de cette augmentation et hauteur qu'elle affecte.

S'il en est ainsi et sans parler d'autres caractères secondaires tels que l'accroissement, observé près du fond, de la quantité d'acide carbonique dissous, il y a tout lieu d'espérer pouvoir, par des sondages densimétriques méthodiquement disposés et l'analyse microlithologique des sables rapportés, fixer le gisement d'un volcan abyssal et peut-être même évaluer son degré d'activité.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les causes de destruction rapide des cyclones.* Note [1] de M. GABRIEL GUILBERT.

Nous avons déjà eu l'honneur d'appeler l'attention de l'Académie sur la destruction rapide, dans les 12 ou 24 heures, de cyclones plus ou moins importants.

Nous avons montré qu'il suffisait de l'existence d'un vent relativement fort, plus ou moins violent, en un seul point, situé près du centre tourbillonnaire, pour déterminer la destruction du cyclone par la production d'une hausse barométrique, proportionnelle le plus souvent à la vitesse du vent observé ; cette hausse devant acquérir son amplitude maximum au point même où se sera produit l'excès du vent.

Enfin nous avons ajouté que cette cause de destruction des cyclones était certaine ; que ce phénomène inscrit dans notre méthode de prévision du temps sous la désignation de règle n° V, ne connaissait pas d'exceptions.

Un point toutefois restait à résoudre : La destruction du tourbillon était-elle liée à des vents de direction déterminée? Des courants de Sud avaient-ils la même action, ou une action supérieure à des courants de Nord?

Il semblerait bien que, dans un cyclone se dirigeant de l'W à l'E, un vent de S, vent d'arrêt, devrait avoir plus d'action qu'un vent de N, vent de chasse, poussant la dépression dans sa direction initiale, W à E.

Une courte étude, dont cette Note est le résumé, nous a démontré que l'action des vents est égale, quelle que soit la direction.

---

(1) Séance du 9 mars 1925.

A l'appui de cette affirmation, nous citerons un cas des plus probants. Le 17 février 1925, un centre cyclonique se trouvait E. Ecosse, à Aberdeen, avec baisse de $-6^{mm},5$ en 24 heures.

Or un vent de NW, de force 4, soit 8^{m} à la seconde, s'observait précisément à Aberdeen.

Nous basant sur notre règle V, nous pûmes écrire, dans notre prévision officielle de l'Office National Météorologique, en date du 17 février, 11^{h}: *La dépression d'Ecosse sera détruite:* $+7$ à 8^{mm} *Aberdeen*, variation qui devait se vérifier sur la carte du lendemain 18 février 7^{h}.

Il s'agit donc ici d'une prévision à 24 heures.

Or la vérification sur la carte du 18 février montre une hausse exactement de $+8^{mm}$, au point précis désigné la veille : Aberdeen (1).

Le cas du 17 février 1925, présente une particularité appréciable. La méthode des tendances ne pouvait ce jour prévoir aucune hausse barométrique. Aberdeen, à 7^{h} notait — $1^{mm},5$ et à 13^{h}, — $0^{mm},4$ de tendance. Selon le principe de continuité, inapplicable selon nous en météorologie, la baisse barométrique devait continuer. Or le résultat est $+8^{mm}$.

On peut se demander si notre prévision de hausse eut pu être contredite par l'observation des courants supérieurs. Nous répondrons que ni les sondages, ni les ballons-sonde, révélant des courants rapides de 100^{km} à l'heure ou plus, ou lents de 20^{km} et moins encore, ne peuvent donner la moindre indication sur les futures variations barométriques en surface. Les gradients thermiques, ou les phénomènes désignés sous le nom de fronts chauds ou de fronts froids, sont de même absolument inopérants

---

(1) De semblables prévisions, basées sur nos différentes règles bien connues — et appliquées dans le monde entier, ancien et nouveau monde — sont assez fréquentes. Nous citerons :

Le 18 février 1925 :	Prévision, $+6^{mm}$ à Shields;	résultat, $+7^{mm}$ à Shields.
Le 26 février 1925 :	Prévision, $+20^{mm}$ à Valencia;	résultat, $+20^{mm},3$ à Valencia.
Le 27 février 1925 :	Prévision, $+10$ à 12^{mm} à Shields;	résultat, $+10^{mm},8$ à Shields.
Le 3 mars 1925 :	Prévision, $+8^{mm}$ à Montpellier;	résultat, $+8^{mm}$ à Montpellier.
Le 5 mars 1925 :	Prévision, -25^{mm} à Stockholm ;	résultat, $-24^{mm},1$ à Stockholm.

Dans toutes ces prévisions chiffrées, nous ne visons qu'une approximation. Même à 50 pour 100 nous estimons la prévision exacte, mais l'exactitude absolue peut être obtenue par des appréciations correctes et l'entière compréhension des règles. Nous ajouterons que cette exactitude serait bien mieux atteinte par le calcul. Les éléments de ce calcul existent, mais non les formules, que seul le mathématicien, et non le météorologiste, peut découvrir.

quant aux prévisions de pression; donc sondages ou observations de température sont inutilisables en prévision du temps. Si nous sommes aussi affirmatif, c'est que nous avons étudié, quotidiennement, pendant plus de 40 ans, les observations de montagne, du Puy de Dôme, du Pic du Midi, du mont Aigoual, du mont Ventoux, publiées par le *Bulletin du Bureau Central météorologique*, sous la direction de MM. Mascart et Angot. ([1]). Or ces observations nous ont prouvé qu'aucun courant supérieur, ou qu'aucun gradient thermique, n'ont d'action sur les variations superficielles de la pression.

Le vent de surface seul agit, soit pour la surélever, s'il est en excès, soit pour la creuser, s'il est trop faible. Nous sommes prêt à le démontrer une fois de plus dans un second concours international de prévision du temps.

BOTANIQUE. — *L'anthère des Gentianacées. Développement du sac pollinique.* Note de M. **Paul Guérin**, présentée par M. L. Guignard.

Nous avons montré ([2]) que le développement du sac pollinique s'effectue, chez les Gentianes, d'une façon différente de celle que présentent d'ordinaire les Angiospermes, en ce sens qu'il n'y a pas d'assise nourricière différenciée et que les cellules mères définitives du pollen se trouvent plus ou moins éparses à l'intérieur d'un tissu stérile constituant, en réalité, un tissu de nutrition.

Les recherches que nous avons poursuivies chez les espèces appartenant aux divers autres genres de la flore de France, *Swertia*, *Chlora*, *Erythræa*, *Cicendia*, *Menyanthes et Limnanthemum*, nous ont amené à constater que le développement du sac pollinique peut s'accomplir chez les Gentianacées de trois façons distinctes dont nous allons examiner les modalités.

Mentionnons tout d'abord que les Gentianes ne sont pas les seuls représentants de la famille à posséder les caractères que nous avons rappelés précédemment, le *Swertia perennis* L. offrant les mêmes particularités.

La figure 1 montre trois groupes de cellules mères primordiales nettement distinctes

([1]) Cette étude ne peut plus se poursuivre au jour le jour, l'Office National météorologique ayant supprimé les observations de montagne dans son bulletin quotidien. Elles ne paraissent, dans le Bulletin d'études de l'Office, que deux ou trois jours après l'observation.

([2]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1620.

des cellules ordinaires avoisinantes, à la fois par leurs dimensions et par la grosseur plus considérable de leur noyau.

A un stade plus avancé (*fig.* 2), les cellules mères polliniques, qui ont donné naissance chacune à quatre grains de pollen, se trouvent dispersées au milieu de cellules

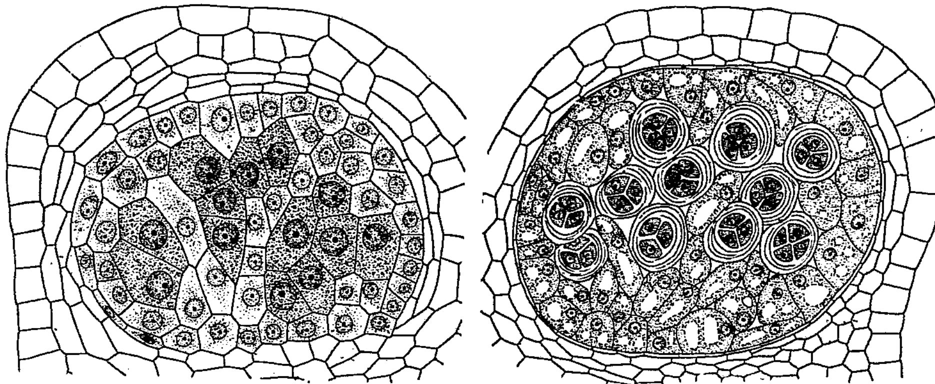


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — *Coupe transversale d'un jeune sac pollinique de* Swertia perennis. On y voit trois groupes de cellules mères primordiales entourées de cellules stériles à noyau beaucoup plus petit. Gr. : 400.

Fig. 2. — *Coupe transversale d'un sac pollinique de* Swertia perennis *à un stade plus avancé que le précédent.* Les cellules mères définitives du pollen, qui ont donné naissance chacune à quatre grains de pollen, se trouvent dispersées au milieu de cellules très vacuolaires dont l'ensemble constitue un tissu de nutrition. G. : 250.

très vacuolaires, absolument comparables à celles du *Gentiana germanica* Willd. et qui sont destinées, sans nul doute, à la nutrition ultérieure des grains de pollen, ainsi qu'en témoigne d'ailleurs, dans la suite, leur complète disparition.

La dispersion des cellules mères du pollen observée chez les *Gentiana* et *Swertia* ne se retrouve plus dans les autres Gentianacées. Chez les *Chlora perfoliata* L., *Erythræa Centaurium* Pers. et *Cicendia filiformis* Delarb., les cellules mères polliniques sont disposées en un arc à une ou deux rangées de cellules et une assise nourricière s'y montre, de bonne heure, très nettement différenciée. Toutefois, les cellules de cette assise demeurent uninucléées dans les deux premières espèces, tandis que chez le *Cicendia filiformis* Delarb. elles sont toujours pourvues de deux noyaux au moins, quelquefois de trois et même de quatre qui, dans la suite, se fusionnent plus ou moins.

Les *Menyanthes trifoliata* L. et *Limnanthemum nymphoides* Link. offrent un troisième mode de disposition des cellules mères du pollen. Durant toute la phase synapsis, on peut les voir, sur une section transversale de l'anthère, constituer un véritable massif, arrondi ou ovale, de quinze à vingt éléments, entouré d'une assise nourricière dont les cellules, chez le *Menyanthes trifoliata* L., peuvent renfermer jusqu'à trois et quatre noyaux qui, par fusion plus ou moins complète, donnent naissance à des synkarions affectant les formes les plus variées.

En résumé, chez les *Gentiana* et *Swertia*, il n'y a pas d'assise nourricière à proprement parler, les cellules mères du pollen se trouvant plus ou moins dispersées dans un abondant tissu stérile qui joue, en réalité, un rôle de nutrition; chez les *Chlora*, *Erythræa*, *Cicendia*, *Menyanthes* et *Limnanthemum*, au contraire, le développement du sac pollinique s'accomplit de la façon habituelle, avec formation d'une assise nourricière bien différenciée. Parmi ces derniers genres, les trois premiers, toutefois, se distinguent par la disposition en arc de leurs cellules mères du pollen des deux autres où ces cellules sont groupées en massif. C'est dire que, chez nos Gentianacées, les cellules définitives du pollen affectent, à l'intérieur du sac pollinique, trois manières d'être différentes en rapport avec les caractères morphologiques de ces plantes. On sait, en effet, que nos Gentianacées aquatiques (*Menyanthes*, *Limnanthemum*) forment, sous le nom de Ményanthoïdées, une sous-famille distincte, à bien des égards, de celle des Gentianoïdées proprement dites et que, chez ces dernières, tous les auteurs s'accordent à grouper, d'une part, dans la série des Gentianinées, les *Gentiana* et *Swertia*, d'autre part, dans celle des Erythrœinées, les *Chlora*, *Erythræa* et *Cicendia*.

BOTANIQUE. — *Extension du caractère acquis et faits d'hérédité dans le* Lepidium sativum *arrosé à l'eau salée*. Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Guignard.

Parmi les caractères qui apparaissent dans les plantes que je cultive, depuis 1911, en sols salés ou arrosés avec des solutions de chlorure de sodium, il en est deux qui se manifestent inégalement, mais qui, tous deux, se rattachent sûrement à l'action de la salure : les fruits anormaux et les graines dodues

Les fruits anormaux à 3 ou 4 ailes, sont peu nombreux jusqu'ici et il faut une recherche attentive pour les trouver et les compter. Malgré cela, j'ai pu le faire depuis quelques années et arriver aux conclusions suivantes :

1° Ces fruits anormaux sont plus nombreux en sol arrosé à l'eau salée qu'en sol arrosé à l'eau de source, où l'on n'en trouve pas le plus souvent.

2° Ces fruits sont encore plus nombreux en sol salé sur les plantes venant des graines formées dans les fruits anormaux que sur les plantes venant des graines de fruits normaux. Il y aurait là une amorce pour l'hérédité.

Les graines dodues sont très nombreuses, au contraire, elles prédominent

dans les lots où on les observe et, depuis plusieurs années, la seule inspection à l'œil suffit pour reconnaître leur origine. Voici des faits qui méritent d'être signalés ou rappelés :

1° Les graines des plantes salées sont plus courtes, plus dodues, que celles des plantes témoins.

2° Ce caractère se garde dans les plantes de première, de deuxième et même de troisième génération non salée, après la culture salée.

3° Cette forme s'exagère dans les graines des fruits anormaux de 1924 et tend vers la forme presque sphérique.

Ces deux caractères, fruits anormaux et graines dodues, ont donc des rapports certains avec l'action de la salure sur le Cresson alénois, et ils prennent plus d'ampleur avec le temps.

La concordance de leur exagération, dans la suite de générations salées se succédant depuis 14 ans, indique un entraînement progressif, bien que lent et peu marqué chaque année. Elle permet d'espérer que ces caractères s'établiront de plus en plus nets et que d'autres modifications, peu apparentes jusqu'à présent, pourront s'amplifier et se révéler plus nettement dans les années suivantes.

Déjà il est bien intéressant de constater jusqu'à la troisième génération non salée, l'hérédité du caractère graine dodue acquis par le *Lepidium sativum* salé.

BOTANIQUE. — *Évolution et verdissement des plastes dans les cellules cotylédonaires de diverses légumineuses pendant la germination.* Note de **M. A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

L'évolution et le verdissement des plastes dans les cotylédons du Pois et du Haricot ont été étudiés récemment par Li Koue Tchang ([1]). D'après cet auteur, il y aurait une différence fondamentale entre ces deux espèces au sujet de l'origine des chloroplastes du cotylédon verdissant. Dans le Pois, ces corpuscules proviendraient de l'évolution des anciens plastes amylifères, formés pendant le développement de la graine, qui conserveraient une mince écorce mitochondriale. Cette écorce s'accroîtrait au cours de la germination, pendant la digestion du grain d'amidon, en élaborant de la chlorophylle et

([1]) Li Koue Tchang, *Sur quelques particularités de l'évolution des plastes* (*Bulletin de la Société Botanique de France*, 71, 1924, p. 656).

régénérerait finalement un plaste vert. Dans le Haricot au contraire, les anciens grains d'amidon seraient lentement digérés pendant la germination sans laisser de traces, et ce seraient de nouveaux plastes issus d'unités auparavant inactives, qui élaboreraient de l'amidon et évolueraient ensuite en chloroplastes. J'ai repris l'étude de cette question en joignant la Fève aux deux espèces précitées et en opérant sur des cotylédons appartenant à des graines sèches et germant soit isolément soit attachés à la plantule. Dans ce but l'un des cotylédons était séparé au moment de la mise en germination et l'évolution de ses plastes était comparée à celle de l'autre cotylédon qui restait en germant solidaire de l'embryon. La température était de 16-20°.

Cotylédons isolés. — On voit apparaître dans les cellules du Pois et de la Fève, à côté des grains d'amidon en dissolution, les uns très volumineux formés pendant le développement de la graine, les autres de même génération mais plus petits et arrondis, apparus vers la fin de la période de synthèse, des plastes amylogènes nouveaux à condensation lente dont le nombre, le volume et l'état de la condensation vont en progressant peu à peu. Ces plastes, qui dérivent d'unités antérieurement inactives, sont au début tous ou presque tous uniloculaires, mais plus tard, le nombre des plastes pluriloculaires devient abondant par suite de l'apparition de nouveaux éléments de cette nature ou du bourgeonnement d'une ou de plusieurs loges en calotte sur des plastes d'abord uniloculaires. Ces divers plastes verdissent ensuite en digérant peu à peu leur amidon. Chez les deux espèces ce phénomène du verdissement est peu accusé, développé, surtout ou exclusivement, dans les cellules voisines de l'épiderme et des faisceaux; il provient non seulement de l'évolution des plastes amylifères précités en chloroplastes, mais aussi de celle signalée par Li Koue Tchang d'un certain nombre des gros plastes primitifs. Il y a lieu de signaler que ces derniers ne bourgeonnent pas latéralement de nouvelles loges de sorte que les grains composés verdissants de ce type que figure cet auteur correspondent en réalité aux plastes de nouvelle formation dont il vient d'être question.

L'étude de la germination des graines sèches de Haricot permet de constater les mêmes phénomènes, mais ici le verdissement est beaucoup plus accentué que dans les espèces précédentes. Il affecte toutes les cellules, mais surtout les assises voisines de l'épiderme et des faisceaux; de plus, les plastes amylifères pluriloculaires peuvent être dès l'origine très nombreux et les plastes amylifères primitifs, comme l'a constaté Li Koue Tchang, ne verdissent jamais. Il n'y a cependant pas là de différence fondamentale avec le Pois et la Fève, car on peut provoquer, comme je l'ai déjà signalé, le

verdissement des anciens plastes en faisant germer des graines fraîches extraites de fruits verts.

Cotylédons non isolés. — Si maintenant on observe les mêmes phénomènes dans le cotylédon germant avec la plantule on constate, outre une dissolution plus rapide des grains de réserve primitifs, les différences suivantes :

Les nouveaux plastes amylifères apparaissent plus tardivement; leur abondance, leur croissance et leur condensation progressent moins vite; leur nombre, leur taille restent plus faibles. Ces plastes digèrent leur amidon plus rapidement, de sorte que, dans les cellules voisines de l'épiderme et des faisceaux, leur évolution en chloroplastes sans amidon est terminée plus tôt. Tous ces phénomènes sont évidemment déterminés par la teneur en sucre moindre des cellules. Il arrive même fréquemment chez le Pois et la Fève, que cette teneur reste, dans de nombreuses cellules verdissantes, inférieure au seuil de condensation, de sorte que les plastes de ces cellules évoluent directement en chloroplastes sans passer par un stade amylifère préalable. Le fait est particulièrement net dans les cellules entourant le faisceau chez la Fève, mais je l'ai observé également dans les cellules voisines de l'épiderme du Pois et de la Fève et dans les cotylédons du Haricot lorsqu'on utilise pour la germination des graines fraîches.

En résumé, il ressort principalement de ces observations, que chez les trois espèces étudiées, le verdissement des cotylédons résulte essentiellement de l'évolution en chloroplastes d'unités plastidales antérieurement inactives. Cette évolution s'effectue soit directement soit en passant par un stade amylifère suivant que le taux du sucre de la cellule est inférieur ou supérieur au seuil de condensation. Chez le Pois et la Fève, il s'adjoint en outre aux plastes précités d'anciens plastes amylifères dont l'écorce mitochondriale s'accroît et verdit pendant l'hydrolyse du grain d'amidon qu'elle recouvre.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un complexe glucosidique instable de l'écorce de tige de Nerprun purgatif* (Rhamnus cathartica *L.*). Note de MM. **M. Bridel** et **C. Charaux**, présentée par M. Guignard.

L'écorce du Nerprun purgatif a fait l'objet d'un certain nombre de travaux dont les uns portent sur la recherche des principes immédiats (Binswanger, 1849; Buchner, 1853; Tchirch et Bromberger, 1911) et les autres sur la

recherche de matières colorantes semblables au vert de Chine ou Lo-kao (Michel, 1857; Charvin, 1859; Rommier, 1860). Il ressort de tous ces travaux qu'on ne sait encore rien de précis sur la composition chimique de cette écorce.

Nous avons réussi à en extraire un complexe glucosidique instable que l'eau, à froid, dissocie en un glucoside insoluble, cristallisé, et en un mélange de glucosides solubles dans l'eau. Nous donnons ci-dessous la préparation de ce complexe glucosidique instable, ainsi que quelques-unes de ses propriétés et l'étude de sa décomposition par l'eau. Les glucosides formés par décomposition du complexe feront l'objet d'études séparées.

Nous avons opéré sur l'écorce sèche du *Rhamnus cathartica* L. En mai-juin, au moment où la circulation de la sève est très active, l'écorce est détachée des tiges par des incisions longitudinales et transversales, en évitant soigneusement de la meurtrir, car elle renferme un ferment qui agirait sur ses glucosides. On sépare ensuite l'épiderme qui s'enlève facilement en larges plaques, et l'on fait sécher rapidement au soleil. L'écorce sèche est alors pulvérisée finement.

On l'épuise par l'alcool à 95°, dans un appareil à épuisement continu, genre Soxhlet, dans lequel elle s'échauffe. Il se forme peu à peu, au sein de la solution alcoolique, un dépôt jaune grisâtre, d'apparence cristalline, qu'on sépare par filtration à chaud et qu'on lave à l'alcool bouillant.

Ce dépôt cristallin constitue le complexe glucosidique du Nerprun, tel qu'il doit exister dans l'écorce même et qu'on doit considérer comme la combinaison moléculaire des glucosides de cette écorce.

Cette combinaison est assez stable dans l'alcool bouillant pour qu'on puisse la séparer, mais elle possède la propriété de se dissocier par simple action de l'eau froide.

Séchée à l'air, elle a une teinte jaune verdâtre; son odeur est nulle, sa saveur résineuse, puis amère et désagréable. Elle renferme 7,19 pour 100 d'eau qu'elle perd facilement dans le vide, à + 60°, et dont elle récupère la majeure partie par exposition à l'air. Elle est réductrice : 1^{g} de produit anhydre réduit comme 0^{g},189 de glucose, suivant la méthode de M. G. Bertrand.

La liqueur cupro-alcaline prend à son contact une belle coloration violette. Les alcalis, l'eau de baryte, l'eau de chaux, l'ammoniaque, la solution de carbonate de sodium colorent sa solution en rouge foncé intense. Avec l'eau de chaux et l'eau de baryte, il se fait un précipité rougeâtre. L'extrait de Saturne la précipite entièrement de sa solution aqueuse.

Le complexe du Nerprun est complètement soluble dans l'eau froide en

donnant une solution brune, lévogyre. Son pouvoir rotatoire est voisin de $[\alpha]_D = -41°,5$ ($p = 0,0646$; $v = 10$; $l = 0,5$; $\alpha = -4'$). Sa solution aqueuse se trouble peu à peu et laisse déposer un produit cristallisé en aiguilles incolores. La formation de ce précipité amène une coloration plus forte de la solution qui reste lévogyre, sans changement appréciable à la dilution où l'on doit faire les observations polarimétriques.

1^g de complexe séché à l'air fournit $0^g,1362$ du produit cristallisé qui est un glucoside formé par l'union du primevérose avec un composé oxyméthyl-anthraquinonique. Nous proposons d'appeler ce glucoside, *rhamnicoside*.

La partie soluble, représentant 79,18 pour 100 du complexe, est constituée par plusieurs glucosides donnant également par dédoublement des composés oxyméthylanthraquinoniques. Cette partie soluble possède un pouvoir réducteur sensiblement égal à celui du complexe : 1^g réduit comme $0^g,187$ de glucose.

Sous l'action de l'acide sulfurique à 3^g pour 100^{cm^3}, à $+110°$, il s'est fait un précipité amorphe et la liqueur, peu colorée, renfermait, pour 100^{cm^3}, $0^g,4743$ de sucre réducteur, exprimé en glucose, pour une rotation de $+18'$ ($l = 2$).

La solution sucrée donnait la réaction des pentoses par l'orcine chlorhydrique. Les sucres réducteurs ($[\alpha]_D = +31°,62$) représentent 60,03 pour 100 de la partie soluble.

Ces glucosides solubles sont facilement hydrolysables par le ferment des graines de *Rhamnus*. Sous l'action de ce ferment, il se fait rapidement un volumineux précipité amorphe grisâtre, présentant des points rouge brique. Ce précipité représente 54,77 pour 100 des glucosides. Il cède à l'éther une faible quantité d'un produit rouge brique : $0^g,03$ pour $0^g,4327$. La solution éthérée donne avec intensité la réaction de Bornträger, caractéristique des oxyméthylanthraquinones. Après évaporation de l'éther, le résidu se dissout facilement dans le benzène bouillant qui l'abandonne, par refroidissement, en prismes rouge brique fondant à $+255°$ au bloc Maquenne. Ce point de fusion est celui de l'émodine.

La portion du précipité insoluble dans l'éther, qui l'a débarrassée de l'émodine, se dissout à l'ébullition dans l'éther acétique anhydre d'où elle cristallise en prismes incolores. Le produit recueilli ($0^g,10$) est grisâtre et fond à $+234°$. Il donne également la réaction de Bornträger.

Le liquide provenant de l'hydrolyse fermentaire ci-dessus renfermait, pour 100^{cm^3}, $0^g,5796$ de sucre réducteur, calculé en glucose, et $0^g,8944$, en primevérose, soit une proportion de 56,60 pour 100 des glucosides.

Le primevérose a été extrait de cette solution à l'état pur et cristallisé et caractérisé par son pouvoir rotatoire stable ($[\alpha]_D = -3^\circ,61$), son pouvoir réducteur (0,644) et son indice de réduction par les acides (495).

En résumé, l'écorce du *Rhamnus cathartica* L. renferme un complexe glucosidique instable que nous avons réussi à extraire. Ce complexe est dissociable par l'eau, à froid, en plusieurs glucosides dont l'hydrolyse fermentaire a donné du primevérose et des composés oxyméthylanthraquinoniques. Un de ces glucosides, que nous appelons *rhamnicoside*, a été obtenu à l'état cristallisé; il est insoluble dans l'eau et se précipite de la solution aqueuse par dissociation du complexe.

La partie soluble dans l'eau est constituée, au moins, par deux glucosides dont l'un, qui existe en très faible quantité dans le complexe, est un glucoside de l'émodine et dont l'autre, qui forme la majeure partie des glucosides solubles dans l'eau, fournit à l'hydrolyse un composé oxyméthylanthraquinonique différent de l'émodine.

Binswanger et Buchner ayant retiré de l'écorce du *Rhamnus cathartica* L. un rhamnoside de l'émodine, nommé rhamnoxanthine ou franguline, il est possible que l'émodine existe dans le complexe à l'état de rhamnoside.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'hexaméthylènetétramine est bien un aliment pour les végétaux. Nouvelles recherches sur le haricot et la moutarde blanche.* Note de MM. **E.** et **G. Nicolas**, présentée par M. Molliard.

Nous avons indiqué antérieurement (¹) l'influence favorable exercée par l'hexaméthylènetétramine, ajoutée à faibles doses à une solution minérale, sur *le poids frais et le développement, tant en surface qu'en nombre des feuilles* de deux variétés de haricot (souvenir de Dreuil et Suisse blanc ou Lingot).

Comme complément à ces recherches, nous voudrions exposer ici les résultats que nous ont fournis, notamment en ce qui concerne la production de la substance sèche, des cultures, faites dans les mêmes conditions que les antérieures, du haricot variété nain de l'Ermitage et du *Sinapis alba* L.

Les chiffres du tableau suivant indiquent les dimensions des organes en centimètres ou leur poids en grammes.

(¹) E. et G. Nicolas, *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 837-838; **176**, 1923, p. 404-406; et **177**, 1923, p. 1062-1064.

	Témoin.	T + 0,1 hexa.	T + 0,2 hexa.	T + 0,3 hexa.
1924 (15 mars–1er mai)		*Moutarde blanche.*		
13 avril.	Racine principale courte = 4; encore les feuilles cotylédonaires vertes; trois feuilles toutes petites.	Racine principale = 9; encore les feuilles cotylédonaires vertes; deux premières feuilles = 0,5 × 0,7; deux autres déjà bien visibles.	Racine princip^le = 7,2; encore les feuilles cotylédonaires vertes; deux premières feuilles = 0,6 × 1,2; une troisième égale à 0,3 × 0,5.	Racine principale = 7; encore les feuilles cotylédonaires vertes; trois premières feuilles = 0,5 × 0,5; une quatrième déjà bien visible.
1er mai (poids sec moyen de deux cultures).......	0,012	0,0135	0,0145	0,0142
1924 (16 mars–3 juin)		*Haricot.*		
Poids sec..........	0,200	0,230	»	0,258

Les chiffres précédents confirment, pour la moutarde, le fait déjà établi par nous avec le haricot, de l'influence favorable exercée par l'hexaméthylènetétramine sur le développement des feuilles en surface. Ils montrent, en outre, que cette substance, aux doses de $0^{g},1$ à $0^{g},3$ par litre, *favorise la production de la matière sèche* par les cellules du haricot et de la moutarde, qu'elle se comporte, vis-à-vis de ces végétaux, comme un véritable *aliment*.

Si l'on se rappelle que l'hexaméthylènetétramine est utilisée par des Bactéries, des Champignons, des Mousses [1], qu'elle fonctionne comme une source d'azote, au même titre que le sulfate d'ammoniaque, pour l'avoine, la moutarde, la betterave [2], il est permis de généraliser cette notion qu'elle peut être un aliment pour toutes les cellules végétales, qu'elle soit, comme nous le pensons [3], absorbée en nature, sans avoir subi de dédoublement préalable en ammoniaque et aldéhyde formique, ou seulement après sa dissociation par des Bactéries [4].

---

(1) TEREG, *Kann Hexamethylentetramin als Stickstoffsquelle für pflänzliche Organismen verwendet?* (*Flora*, neue Folge, 10, 1918, p. 270-274).

(2) BLANK, GEILMANN and GIESECKE, *The nitrogen action of hexamethylentetramin on plant production* (*Journ. Landw.*, 70, 1922, p. 221-251).

(3) E. et G. NICOLAS, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1064.

(4) BLANK, GEILMANN and GIESECKE, *loc. cit.*

ANATOMIE COMPARÉE. — *L'état du cerveau à la naissance chez le Chimpanzé.* Note de Mlle **F. Coupin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

A la naissance, le cerveau de l'homme possède les caractères suivants : il pèse environ 350^g, soit le septième à peu près du poids du corps et le quart du poids du cerveau de l'adulte, il est subsphérique et possède déjà tous ses sillons fondamentaux.

En regard de ces données classiques il serait particulièrement intéressant de savoir comment se présente aussi le cerveau des Anthropoïdes à la naissance. Nous n'avons malheureusement pas de documents sur ce sujet et ceux que j'apporte présentement sont les premiers à être publiés.

M. Passemard ayant offert le corps d'un jeune Chimpanzé (*Troglodytes niger* L.), femelle, âgé de 5 jours, à la Société d'Anthropologie de Paris, celle-ci a bien voulu me confier l'étude de son cerveau. Bien qu'âgé de 5 jours cet animal peut être considéré comme un individu à la naissance étant donné qu'il semble être né un peu avant terme.

Le cerveau de ce Chimpanzé pesait 96^g, ce qui fait comme chez l'homme le quart environ du poids encéphalique de l'adulte. En comparant les poids encéphaliques de Chimpanzés de divers âges, on voit que dans cette espèce le cerveau croît très rapidement : dès l'âge de 3 ans (chiffres de Möller et de Max Weber par exemple) il atteint sensiblement son poids définitif, au lieu de 7 ans dans l'espèce humaine. La croissance encéphalique du Chimpanzé serait donc à peu près aussi rapide que celle de l'homme, si l'on tient compte de ce que la durée de la vie de cet anthropoïde est notablement inférieure à la durée de la vie humaine.

Le poids relatif $\frac{PC}{PE}$, PC étant le poids du corps, PE le poids de l'encéphale, est chez le Chimpanzé à la naissance de $\frac{1}{8}$ environ, c'est-à-dire encore très voisin de celui de l'homme nouveau-né. A 3 ans, âge où le poids absolu de l'encéphale a atteint son maximum, il est de $\frac{1}{18}$, au lieu de $\frac{1}{10}$ chez l'homme à l'âge correspondant, c'est-à-dire à 7 ans. De plus, au lieu de s'arrêter à $\frac{1}{45}$ comme chez l'homme il descend ici jusqu'à $\frac{1}{87}$. Il ressort de ces faits que l'encéphale du Chimpanzé, tout en s'accroissant aussi rapidement que celui de l'homme, s'accroît moins d'une façon absolue.

Au point de vue des modifications de forme qu'il subit, depuis la dernière période de la vie intrautérine jusqu'à l'âge adulte, l'encéphale du Chimpanzé diffère considérablement de l'encéphale humain : encore presque subsphé-

rique en effet chez un fœtus de 7 mois (R. Anthony), il présente déjà à la naissance un aplatissement et un allongement notables qui deviendront encore plus marqués à mesure que la croissance se poursuivra. Il semble en être de même chez le Gorille; chez l'homme au contraire, l'encéphale, subsphérique chez le fœtus, le reste pendant toute la vie (Manouvrier).

On constate de plus, au cours des premiers âges de la vie, un déplacement de la largeur maxima de l'encéphale : chez un fœtus de Chimpanzé au début du dernier tiers de la gestation elle est environ au tiers antérieur du cerveau, elle est à une distance à peu près égale de l'avant et de l'arrière au moment de la naissance et presque au tiers postérieur à l'âge adulte, de sorte que la région dominante serait chez le fœtus la région frontale et chez l'adulte la région occipitale. Ceci est à rapprocher de ce que l'on a constaté chez les Néanderthaliens et chez l'homme de Piltdown, la largeur maximum de l'endocrâne de ces hommes fossiles est, en effet, située plus bas et plus en arrière que chez l'homme actuel.

Notons enfin que, comme chez l'homme, tous les plissements fondamentaux du néopallium existent chez le Chimpanzé à la naissance. Ceci semble être une règle chez les Primates, de même d'ailleurs que chez les Ongulés, alors que le cerveau des Carnassiers nouveau-nés est beaucoup moins évolué à cet égard.

En résumé, le cerveau du Chimpanzé nouveau-né se comporte comme un cerveau de nouveau-né humain au point de vue pondéral, les rapports $\frac{\text{PE adulte}}{\text{PE}}$ et $\frac{\text{PC}}{\text{PE}}$ sont en effet les mêmes, cependant au cours de la vie ce dernier rapport, $\frac{\text{PC}}{\text{PE}}$, descend beaucoup plus bas que chez l'homme.

La même similitude s'observe en ce qui concerne l'état de la surface encéphalique : tous les plissements fondamentaux du néopallium existent à la naissance aussi bien chez le Chimpanzé que chez l'homme.

Par contre, l'encéphale du Chimpanzé nouveau-né et celui de l'homme nouveau-né diffèrent profondément au point de vue de leur forme. Le premier tend déjà vers la forme aplatie et allongée qu'il possédera, plus accentuée chez l'adulte, alors que chez le second il a la forme subsphérique qu'il conservera pendant tout le cours de l'existence.

ZOOLOGIE. — *La ponte et le développement chez une Annélide polychète sédentaire :* Nicolea zostericola *Mgrn.* Note de M. **R. Herpin**, présentée par M. Ch. Gravier.

La *Nicolea zostericola* est un petit Térébellien vivant dans des tubes de sable agglutiné fixés aux branches des Algues ou des Hydraires. Ceux qui ont servi à mes recherches proviennent pour la plupart d'une cavité étroite et profonde de la muraille d'un fort.

Dans cette station bien isolée et où n'existe en abondance aucun autre Térébellien, j'ai pu suivre, mois par mois, pendant une année entière, le développement de cette espèce.

La ponte de cette Annélide, obtenue en aquarium, consiste en petites sphères translucides renfermant une substance semi-fluide, dans laquelle sont enfermés les œufs.

Dans la nature, ces sphères sont fixées aux Hydraires par une membrane qui, par sa forme et son mode d'attache, rappelle certaines toiles d'araignées ; mais elle en diffère en ce qu'on n'y distingue aucune trace de fils. Ainsi que l'a fait remarquer Ch. Gravier (1) une ponte agglomérée, enveloppée de mucus, rend fort probable l'existence d'une copulation.

Une série d'observations prolongées me permit d'assister deux fois à ce phénomène : le mâle se place contre la femelle, tête contre tête, les tentacules s'écartent et, à plusieurs reprises, le mâle émet ses spermatozoïdes.

Cette émission se fait par deux paires d'organes cirriformes, situés aux troisième et quatrième sétigères, et qui ne sont autres que les papilles de la deuxième et de la troisième paire de néphridies.

Quelques minutes après la dernière émission de sperme, la femelle se mit à pondre par deux paires d'orifices non saillants, correspondant aux papilles du mâle. Les œufs discoïdes prenaient pour sortir une forme allongée et formèrent de chaque côté de l'animal deux files, progressant parallèlement au corps, dans la direction de la tête, jusqu'à l'endroit même où les spermatozoïdes avaient été déposés. Les tentacules les plus courts se sont alors appliqués sur eux, alors que les autres s'agitaient tout autour. Les deux files venant de gauche se sont ainsi trouvées réunies en un amas, ainsi que celles venant de droite ; enfin les deux amas ont été roulés en une

(1) Ch. Gravier, *La ponte et l'incubation chez les Annélides polychètes* (*Ann. Sc. nat., Zoologie*, 10e série, 6, 1923, p. 231).

sphère de mucilage dont la confection dura un peu plus d'une heure. Le cocon ovifère ainsi formé fut peu à peu repoussé par les tentacules et finalement abandonné.

Il semble que ce soit la première fois qu'une fécondation ait été décrite chez une Annélide à ponte enveloppée de mucus. On remarquera que les spermatozoïdes sont évacués *avant* les œufs; mais ils le sont pour la plupart à l'état de *spermatogemmes*, circonstance qui, en s'opposant à leur dispersion immédiate, rend beaucoup plus certaine la fécondation.

Quelques stades du développement embryonnaire de *Nicolea zostericola* ont été décrits par Willemœs-Suhm (¹). Par une aberration singulière, cet auteur a décrit comme tête l'ébauche du premier tentacule; son étude s'arrête à l'instant où la larve rampante sortie du cocon se construit un tube.

Le stade le plus intéressant précédant la sortie du cocon est celui où la larve, déjà mobile, présente le maximum d'analogies avec une Annélide errante :

A ce moment, elle possède un prostomium pourvu de deux paires d'yeux et portant l'ébauche d'un tentacule unique presque aussi large que le corps. Le futur segment buccal est en forme de bourrelet et dénué d'appendices. A sa suite, viennent 6 ou 7 segments dont les 4 premiers portent des soies, mais pas encore d'uncini. Peu après ce stade, une paire d'uncini se développe aux troisième et quatrième sétigères, ainsi qu'aux deux segments suivants où leur apparition précède celle des soies. Il en sera toujours ainsi dans la suite du développement. La sortie du cocon se produit vers le stade de 7 sétigères.

Bientôt de nouveaux uncini se forment, mais seulement à partir du quatrième sétigère inclusivement. Plus tard, les soies des deux premiers sétigères tomberont et, sur ces segments, apparaîtront les branchies. L'unique paire d'uncini du troisième sétigère tombera également et ce segment constituera le premier sétigère de l'adulte. Il y a donc disparition de sétigères antérieurs comme chez les Néréidiens.

Jusqu'au stade de 12 sétigères, tous les uncini sont rétrogressifs. Des séries alternantes se constituent ultérieurement à partir du dixième sétigère larvaire. Pendant ce temps les tentacules se développent alternativement

(¹) WILLEMOES-SUHM, *Biologische Beobachtungen über niedere Meeresthiere* (*Zeitsch. f. wiss. Zool.*, 21 1871, p. 390, pl. XXXIII).

d'un côté et de l'autre du premier tentacule, ainsi que Milne Edwards l'a décrit chez *Polymnia nebulosa*.

Les branchies n'apparaissent qu'au bout de six mois, alors que l'animal possède déjà depuis quelque temps les 15 sétigères définitifs de l'adulte. Contrairement à ce qui se passe chez les Néréidiens, ce n'est que très tardivement que les œufs se rencontrent flottant librement dans la cavité générale. Leur développement est très rapide; ils sont mûrs à la fin de la première année. Peu après la ponte, tous les adultes disparaissent.

A Cherbourg, *Nicolea zostericola* diffère nettement de *Nicolea venustula* Montagu, par le nombre moindre de sétigères (15 au lieu de 17) et de segments abdominaux (19 à 25 au lieu de 35 à 45) et par l'absence de coloration des téguments. Ces caractères sont héréditaires.

PHYSIOLOGIE. — *Sur quelques nouveaux corps anticoagulants de composition chimique definie.* Note de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Roux.

Parmi les substances qui possèdent la propriété d'empêcher la coagulation du sang, telles que l'oxalate et le citrate de sodium, l'arsénobenzol, les nucléo-protéides, la choline, l'hirudine, etc., seul le citrate trisodique a pu être couramment utilisé en thérapeutique, principalement dans la transfusion sanguine, grâce à sa nocivité relativement peu élevée, à la constance de sa composition et à la facilité de sa préparation.

Cependant ce sel n'est pas toujours inoffensif; chez certains sujets, il peut déterminer des chocs graves et même mortels (L. Ramond, Ch. Fiessinger, Rosenthal et Baehr), quand il est administré par voie intraveineuse. Sa toxicité pour le cobaye est de 0,035 par kilo; le chien, le cheval, le bœuf paraissent pouvoir supporter des doses un peu plus considérables [1].

Dans la transfusion, quand on citrate le sang dans les proportions habituelles (4 pour 1000), on n'évite pas toujours la coagulation : Arnaud et Mouliérat ont observé, sur 40 transfusions, six cas de coagulation qui ont troublé ou même empêché complètement l'opération; aussi ces auteurs

---

[1] L. Panisset et J. Verge, *La toxicité du citrate de soude chez les animaux* (*C. R. Soc. Biol.*, 87, 1922, p. 224).

engagent-ils très justement les chirurgiens à élever le taux du citrate à 6 pour 1000 ([1]).

Dans de telles proportions, surtout si le volume du sang transfusé est important, il faut peut-être compter avec la toxicité de la substance qui ne pourrait être employée à de telles doses si le citrate était aussi nocif pour l'homme que pour le cobaye.

Ces considérations nous ont amené à rechercher d'autres anticoagulants et, pour cela, nous nous sommes demandé tout d'abord à quelles fonctions chimiques les propriétés anticoagulantes pouvaient être rapportées.

D'après la constitution des oxalates et citrates, il nous a semblé, *a priori*, que la présence, dans la molécule de ces corps, de plusieurs groupements carboxylés, pourrait jouer un rôle important dans le phénomène qui nous intéresse.

C'est ce que l'expérience a confirmé, tout au moins pour un certain nombre de combinaisons polybasiques ou renfermant des radicaux acide et alcoolique. Nous n'avons pu épuiser jusqu'ici toute la série de ces composés mais, sur 18 d'entre eux qui ont été étudiés, 5 ont montré un pouvoir anticoagulant élevé : ce sont le mucate, l'aconitate, l'éthanetétracarboxylate, le sulfosalicylate et le phénoxypropandiol carboxylate de sodium.

Le mucate est anticoagulant à la dose de 4 pour 1000 et il est dépourvu de toute toxicité, les autres substances empêchent la coagulation à la dose de 10 pour 100 et sont environ dix fois moins toxiques que le citrate pour le cobaye.

Le β-naphtoldisulfonate de sodium et la naphtylamine disulfonate de sodium agissent comme anticoagulants à 2 pour 1000 mais ils sont trop toxiques pour être employés,

D'autres substances, renfermant plusieurs fonctions acides, tant dans la série grasse que dans la série aromatique, retardent la coagulation, sans l'empêcher; ce sont l'orthophtalate, l'homophtalate, le choléate et le malonate. Par contre, dans les mêmes séries chimiques, les sels sodiques des acides succinique, camphorique, diphénylphosphorique, dicarballylique, quinique, malique et uvitique ne possèdent aucune action anticoagulante.

La raison de ces différences peut-elle être recherchée dans les propriétés des sels de calcium de ces divers produits? On connaît l'importance du

---

([1]) M. ARNAUD et A. MOULIÉRAT, *Quelques cas de coagulation du sang citraté au cours de la transfusion* (*Marseille médical*, 62, 5 janvier 1925, p. 32).

calcium dans le phénomène de la coagulation et l'on admet que les citrate et oxalate alcalins précipitent les composés calciques du sang indispensables à la coagulation, hypothèse d'autant plus vraisemblable que l'addition de $CaCl^2$ au sang oxalaté ou citraté incoagulable lui rend sa coagulabilité.

Nous avons voulu vérifier si les choses se passent de la même manière avec les nouveaux anticoagulants que nous venons de mentionner; or, si le mucate de calcium est extrêmement peu soluble dans l'eau (0,01 pour 100), l'aconitate calcique se dissout à 1 pour 100 dans l'eau, à 15°, et les sels de chaux des autres substances actives ont une solubilité beaucoup plus grande encore; elles ne précipitent nullement les sels de calcium, tout au moins en solution diluée et à froid.

Quand la coagulation a été empêchée par ces différents produits, on peut la provoquer par l'addition de chlorure de calcium, comme dans le cas de l'oxalate et du citrate.

Les sels sodiques des acides polybasiques qui sont sans action sur la coagulation donnent des dérivés calciques qui sont tantôt plus solubles, tantôt moins solubles que les sels de chaux des produits anticoagulants.

On ne peut donc pas se baser sur la solubilité des sels de calcium pour prévoir la propriété anticoagulante.

Il est probable que, sans être précipité, le calcium peut être plus ou moins énergiquement fixé, immobilisé, par la molécule de certains acides polybasiques. C'est en quelque sorte le degré d'ionisation du calcium qui interviendrait dans le phénomène.

L'étude pharmacodynamique des anticoagulants, dont nous venons de reconnaître les propriétés, nous renseignera sur les avantages possibles de leur emploi en clinique et apportera sans doute aussi une contribution utile au problème de la coagulation du sang.

PHYSIOLOGIE. — *Influence des divers procédés de pasteurisation par chauffage sur la digestibilité des constituants albuminoïdes et minéraux du lait.* Note de MM. **Émile F. Terroine** et **H. Spindler**, présentée par M. Henneguy.

Diverses observations récentes et tout particulièrement celle de Orla-Jensen tendant à montrer que la diminution du pouvoir coagulant du lait provoquée par la chaleur doit être rapportée à une véritable dénaturation de la caséine, laquelle a pour conséquence une diminution de la digestibilité de cette protéique, et celle de Daniels et Loughlin relevant l'impossibilité de

réaliser la croissance normale du rat avec des laits portés à l'ébullition pendant 10 minutes, et cela par suite de l'insolubilisation des sels de chaux, nous ont amenés à reprendre l'étude de l'influence des divers procédés de pasteurisation par chauffage sur la digestibilité des protéiques et des substances minérales du lait.

Dans ce but nous avons fait ingérer à un même animal (porcelet jeune de 8 à 10^{kg}), dans des périodes successives de 7 jours, du lait de vache cru, ou soumis tantôt à la pasteurisation basse (chauffage à 63° pendant 25 minutes dans une chambre avec agitation mécanique, puis refroidissement; traitement régulièrement appliqué par la Laiterie Centrale de Strasbourg), tantôt à la pasteurisation haute (chauffage à 95° pendant 1 à 2 minutes en couche mince et d'une manière continue, puis refroidissement (procédé Stassano).

La détermination quotidienne exacte des volumes de lait ingérés et des poids de matières fécales rejetées; le dosage dans le lait et les fèces de N total et des cendres permettent d'établir le coefficient de digestibilité.

Le tableau ci-dessous présente les résultats moyens pour chaque période.

		Lait chauffé		
	Lait cru.	à 63° (pasteur. basse).	à 95° (pasteur. haute).	à 75° (proc. Stassano).
Coefficient de digestibilité des matières azotées.				
Porc n° 1......	96	96	95	96
Porc n° 2......	96	95	95	95
Porc n° 3......	97	97	97	-
Coefficient de digestibilité des substances minérales.				
Porc n° 1......	65	74	70	69
Porc n° 2......	66	59	59	60
Porc n° 3......	68	86	88	-

Les valeurs ainsi réunies permettent une conclusion précise : aucun des procédés de pasteurisation par chauffage étudiés ne modifie en rien l'utilisation digestive des protéiques et des cendres; utilisation qui, d'ailleurs, sauf en ce qui regarde les substances minérales chez l'animal n° 3, ne présente aucune différence individuelle.

Il nous a en outre paru intéressant, en vue d'établir s'il y a un rapport de spécificité, une influence de l'origine du lait, de comparer nos résultats avec ceux précédemment acquis sur d'autres espèces, particulièrement chez l'homme, qu'il s'agisse d'ingestion de lait maternel ou de lait de vache

chauffé. Cette comparaison peut s'effectuer à l'aide des données ci-dessous :

Auteurs.	Origine du lait.	Animal alimenté.	Coefficients de digestibilité de l'azote.	des cendres.
Rubner et Heubner..........	lait maternel	homme	83,12	79,42
Michel......................	»	»	93,60	78,26
Netter......................	lait de vache	»	91,8	-
Michel et Perret............	»	»	94,38	65,55
Présent travail (valeurs moy.).	»	porc	96,0	71,0

Elle montre nettement l'absence complète de toute intervention spécifique dans l'utilisation des matières protéiques du lait et une infériorité dans l'absorption des cendres du lait de vache, légère chez le porcelet, assez importante chez l'homme et sur laquelle Marfan a précédemment appelé l'attention.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Intoxication mercurielle et coagulation vitale* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

On a montré précédemment ([1]), que l'*intoxication alcoolique* détermine la gélatinisation, puis la coagulation du protoplasma, phénomènes réversibles aux faibles taux alcooliques, mais définitifs aux taux élevés.

Parmi les agents qui tendent à coaguler et vieillir la matière vivante, nous avons mentionné les métaux lourds. De tous, le *mercure* est assurément celui qui a des effets nettement caractérisés, et, pour la plupart, connus. On sait, par exemple, que ce métal n'existe pas, même en traces, dans le contenu cellulaire; et que, à l'état de bichlorure ou sublimé, il précipite les protides, avec lesquels il forme des composés insolubles.

I. *Hydragyrisme et cellule végétale.* — Étudions d'abord l'action du mercure sur le cytoplasma des plantes.

Des feuilles fraîches de *Fusain* sont placées respectivement dans l'eau (I), et, par comparaison, dans des solutions de sublimé à 1 et à 11 pour 1000 (II et III). On note les variations de poids dues à l'osmose au bout de 3 jours; puis, remplaçant les solutions par de l'eau pure, on refait les pesées également 3 jours après cette immersion. Voici les chiffres obtenus :

([1]) Jules Amar, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 465.

	I.	II.	III.
Poids avant.............	970mg	850mg	900mg
Après 72 heures dans.....	Eau	$HgCl^2$ à 1 pour 1000	$HgCl^2$ à 11 pour 1000
	1030	920	970
Gain pour 100...........	6,20	8,23	7,77
Après 72 heures dans.....	Eau	Eau	Eau
	1040	920	970
Gain total pour 100......	7,20	8,23	7,77

En prolongeant cette immersion dans l'eau pendant 4 jours encore, on a :

I.	II.	III.
1080mg	920mg	970mg

Par conséquent :

Le sublimé paralyse rapidement les échanges osmotiques de la cellule végétale. Le poids des tissus mercurisés ne se modifie pas sous l'influence de l'eau, tandis que les feuilles non mercurisées attirent l'eau peu à peu, gagnant au total 11,5 pour 100 de leurs poids; elles demeurent vertes et fraîches; les autres, au contraire, sont fanées et prennent une couleur brun rougeâtre, mais elles restent souples. (On sait que les feuilles alcoolisées deviennent cassantes.) En outre, on aperçoit, à leur surface interne ou supérieure, de nombreuses petites bulles brillantes; ce sont des *globules de mercure pur*, jaillies de la surface foliaire à parenchyme palissadique. *Ce tissu serré a donc opéré une véritable dissociation du sublimé, éliminant le mercure par la surface d'échanges active.* Le fait mérite considération : les sels de mercure sont dissociés, électrolysés à la paroi des cellules vivantes, et le *métal libre* intervient comme coagulant du protoplasma.

Il est non moins remarquable que la solution de sublimé à 1 pour 1000 possède autant d'énergie que les solutions plus concentrées, généralement employées en technique histologique. Visiblement, le *mercure est un poison mortel pour la cellule, en dehors de toute action sur l'élément nerveux* dont il faut faire état chez l'animal.

Enfin, comme pour l'intoxication alcoolique, on a introduit du sublimé dans une *solution colloïdale de glycogène;* celle-ci, qui avait une teinte bleuâtre et n'accusait pas l'ombre d'un glomérule, a montré aussitôt de fins granules et un léger voile persistant. En augmentant la dose de toxique, le voile devient blanc, la solution mousse beaucoup, et l'on obtient, après repos, l'apparence d'orgeat clair.

L'addition d'un peu d'alcool fait naître des grumeaux plus épais, ce qu'on eût réalisé sans sublimé, mais avec plus d'alcool. Les *deux agents*

coagulants superposent donc leurs effets, mais le sublimé l'emporte sur l'alcool.

Hydrargyrisme et cellule animale. — Cet effet toxique du sublimé affecte de deux façons la cellule animale; il coagule son protoplasma, et il se fixe *électivement* sur les éléments nerveux. Très soluble, le sublimé pénètre partout; mais c'est le *mercure métallique* qui est actif. Et, vu son poids atomique élevé et sa facile diffusion, il se porte vers les grosses cellules : nerveuses, musculaires, adipeuses, sexuelles (ovules).

L'*hydrargyrisme atteint*, par conséquent, *les organes nobles de l'économie où il affaiblit la nutrition;* d'où la diminution des capacités physiques et psychiques, la stérilité et la morti-natalité. On connaît, d'ailleurs, l'attraction du *placenta* pour le sublimé, lorsque ce dernier s'introduit dans l'organisme féminin.

En plus de cette fixation spéciale, le mercure tend à coaguler le cytoplasma, qu'il s'agisse des globules rouges et blancs du sang, ou des cellules conjonctives. Mais au début de son action, il réveille les mécanismes de défense, activant les échanges respiratoires et les sécrétions [1]. *Cette hypercrinie tend à éliminer le métal toxique :* il sort pur, en globules, par les surfaces épithéliales actives et les liquides excrétés. A doses fortes ou renouvelées, il coagule la matière vivante, et, par exemple, arrête l'assimilation chlorophyllienne, ainsi que l'avaient constaté Spallanzani, puis Boussingault (1867). La vie ne persiste que par le remplacement des cellules tuées, par la puissance trophique des tissus.

Conclusions. — En général, l'intoxication mercurielle est cytoplasmique; elle vieillit ou tue les cellules. Chez l'animal, elle est, en outre, nerveuse, abaissant l'énergie physique et mentale, compromettant les organes de la reproduction.

Aux doses thérapeutiques, le mercure provoque une *viviréaction* défensive, tout en paralysant ou détruisant *les germes et parasites* auxquels manque cette défense. Il faut donc lui laisser le temps de s'éliminer; c'est une question d'expérience.

Sans cette précaution nécessaire, il y aurait péril d'hydrargyrisme, avec troubles paralytiques et anémie principalement.

Plus que tous les autres agents coagulants, le mercure affaiblit le pouvoir osmotique et nutritif de la cellule. Aussi, son usage exige un fractionnement rationnel, combiné avec un régime qui stimule cette nutrition menacée.

---

[1] Jules Amar, *Les lois scientifiques de l'éducation respiratoire,* Paris, 1920 (chez Dunod), p. 56 et 95.

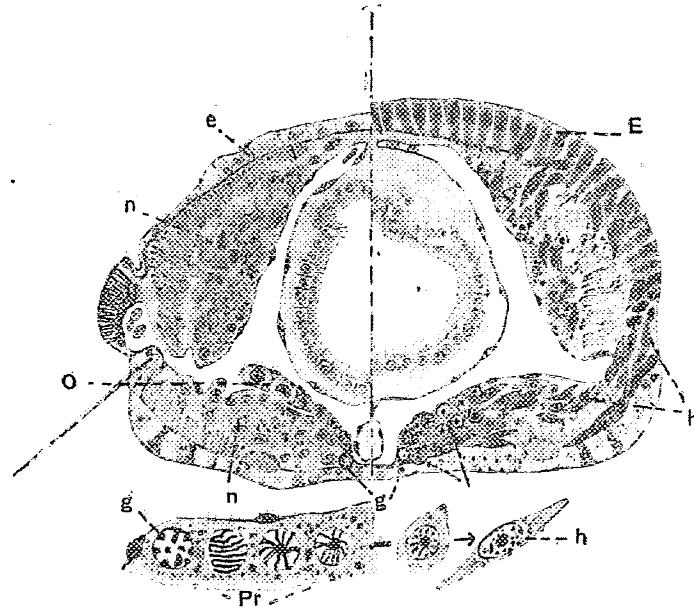
EMBRYOGÉNIE. — *Les cellules germinales (gonocytes) sont, au cours de la reproduction asexuée de* Salmacina Dysteri *Huxley, la source de la prolifération blastogénique. Remarques à ce sujet sur l'histogenèse des néoplasmes.* Note de M. A. MALAQUIN, présentée par M. Henneguy.

Dans des Notes publiées en 1905 et 1909 sur les phénomènes histogéniques dans la reproduction asexuée chez *Salmacina Dysteri*, j'étais arrivé à cette constatation que le matériel de la blastogenèse ne provient ni d'éléments appartenant aux tissus anciens, ni d'une dédifférenciation d'éléments préexistants, et je l'avais homologué au matériel sexuel lui-même; mes recherches récentes sur la lignée des cellules germinales me permettent d'apporter des observations et des précisions nouvelles.

Au moment où la Salmacine se prépare à la schizogenèse existent dans les métamères postérieurs des amas de cellules bourrées de réserves nutritives, compris entre les quatre faisceaux musculaires et le cœlome; les cellules germinales, à l'état de gonocytes, sont situées, ainsi que je l'ai montré, dans ce tissu, de part et d'autre du mésentère ventral (ou neural). Quand les gonocytes se multiplient en cellules goniales, la prolifération se fait en une poussée qui soulève l'épithélium péritonéal vers le cœlome dans lequel fait hernie soit le cordon ovarien (*fig.* O), soit la masse spermatogoniale, ébauche du testicule. Par contre, lorsque, tout au début de la reproduction asexuée, les gonocytes entrent en mitose active dans un ou plusieurs métamères, les cellules qui en proviennent prolifèrent au sein du tissu mésenchymateux nutritif, sous l'endothélium cœlomique : elles sont le point de départ de l'histogenèse. On peut alors compter de nombreuses mitoses gonocytaires, jusque 12 et plus, à droite et à gauche, chiffre élevé étant données la petite taille du métamère et la simplicité de son organisation. Les noyaux issus de cette multiplication baignent dans le matériel nutritif et forment avec celui-ci une masse syncytiale (*fig.* Pr).

Puis une masse cytoplasmique se concentre autour du noyau, la cellule devient alors fusiforme. Les éléments ainsi formés émigrent, ils s'infiltrent entre l'épiderme et les muscles, ou progressent contre ou dans les septa intersegmentaires, certains parviennent dans les masses dorsales du tissu nutritif et pourront s'y multiplier ultérieurement : ce sont les histoblastes (ou néoblastes) migrateurs qui vont édifier les tissus nouveaux : nerveux, musculaire, épithélial, etc.

La rénovation de l'épiderme est surtout intéressante à considérer non seulement par ses productions nombreuses : branchies céphaliques, parapodes avec leurs soies, etc., mais surtout par son histogenèse propre. Les histoblastes migrateurs envahissent l'ancien épiderme et s'intercalent entre



Deux demi-coupes transversales; celle de gauche représente un métamère avant la prolifération et celle de droite, le début de la prolifération blastogénique; *e*, épiderme ancien; E, épiderme rénové envahi par les histoblastes; *n*, tissu mésenchymateux nutritif; *g*, gonocytes; Pr, région de prolifération active; *h*, histoblastes migrateurs; O, cordon ovarien (gonade femelle). En dessous, de *g* à *h*, formation des histoblastes par multiplication des gonocytes.

les anciens éléments qui sont détruits, comme en témoignent de nombreux noyaux pycnotiques. Pendant la première phase de cette rénovation par infiltration, aucune mitose n'y est décelable. Plus tard seulement les éléments immigrés sont le siège de divisions nombreuses, mais la prolifération initiale a eu lieu en profondeur, et celle qui se passe ensuite dans le tissu épidermique envahi et rénové par les histoblastes n'en est que la continuation.

L'importance de ces observations réside essentiellement dans l'origine germinale de la prolifération. En effet, les gonocytes existent dans les différents groupes de Vertébrés; on les a signalés récemment chez l'embryon humain où ils persistent après l'organogenèse, et l'on a même émis l'hypothèse que ces *gonocytes pourraient participer à l'histogenèse des tumeurs malignes* (Rotter, 1922). L'histogenèse normale dont il s'agit ici montre la

série des phénomènes suivants : 1° prolifération de cellules germinales, les gonocytes extracœlomiques, prolifération qui par son origine est quasi illimitée; 2° migration des éléments proliférés; 3° infiltration de ces éléments dans un épiderme ancien; 4° destruction de cet ancien épiderme; 5° prolifération sur place des éléments immigrés; 6° les histoblastes migrateurs donnent naissance, selon l'emplacement où ils aboutissent, à des tissus variés : épithélial, nerveux, musculaire, etc. Or dans la genèse d'une tumeur cancéreuse on peut considérer : la provenance du matériel cellulaire qui alimente la prolifération, et la cause, encore inconnue, qui a déclanché cette prolifération. En envisageant uniquement la première partie de ce problème, on ne peut pas ne pas être frappé par la similitude existant dans la marche des phénomènes histogéniques décrits ci-dessus avec celle de l'histogenèse de certains néoplasmes; d'autre part l'observation fondamentale, que les cellules germinales, par leur prolifération et la migration des éléments issus de cette prolifération, alimentent l'édification des tissus somatiques chez l'individu adulte, permet d'envisager avec une base sérieuse l'origine de néoplasmes aux dépens d'éléments gonocytaires préexistants. Cette conception, proche de la théorie de Conheim, serait en accord avec un certain nombre de faits, tels que : prolifération indéfinie des cellules cancéreuses, production de tumeurs éloignées du point où siègent les gonocytes initiaux, transformation d'un tissu néoplasique en un autre (sarcome et carcinome). Si éloigné que soit des Vertébrés et de l'homme, l'organisme animal ayant fait l'objet de cette étude, on doit considérer que le champ des investigations ne saurait être trop étendu, quand il s'agit de questions dépendant de l'Anatomie et de la Pathologie générales.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une réaction chimique nouvelle des matières protéiques sèches applicable à l'histochimie.* Note (¹) de M. **Marc Romieu**, transmise par M. Paul Sabatier.

Les réactions chimiques de coloration des matières protéiques déjà connues sont nombreuses. Mais si l'on se place au point de vue spécial de l'histochimie, on se rend compte que bien peu parmi les procédés classiques sont utilisables. La plupart en effet nécessitent l'emploi des acides forts ou des bases en solution concentrée qui sont incompatibles avec le maintien

(¹) Séance du 9 mars 1925.

des structures histologiques. Aussi a-t-on cherché à tourner la difficulté en utilisant des méthodes indirectes basées sur l'affinité de certains albuminoïdes pour le ferrocyanure de K ou pour le tannin. Ces méthodes donnent de bons résultats, mais elles demandent à être contrôlées par les procédés basés sur des réactions colorées obtenues directement.

Parmi celles-ci les plus usitées sont les réactions xantho-protéique, celle de Millon, celle de Reichl et celle d'Axenfeld. Mais elles sont assez nocives pour les tissus et les deux dernières au moins sont peu caractéristiques. La réaction de Ruhemann-Abderhalden à la ninhydrine et celle de Krasser à l'alloxane sont d'un emploi plus facile car elles respectent beaucoup mieux les structures.

A ces procédés nous pouvons en ajouter un autre qui n'a pas, à notre connaissance, été indiqué jusqu'ici. Il est basé sur l'emploi de l'acide orthophosphorique sirupeux. Cette réaction nous paraît avoir échappé aux auteurs et même à Hunter (¹) qui, récemment, a fait agir la plupart des réactifs simples des laboratoires sur l'albumine d'œuf en dissolution.

Nous avons trouvé en effet que l'acide phosphorique sirupeux mis en présence d'albumine sèche du commerce ou de blanc d'œuf frais donne à ces corps, lorsqu'on chauffe légèrement, une teinte d'un rouge grenat tournant au violet. La température de 52° à l'étuve est suffisante pour obtenir en quelques minutes la réaction de façon très intense.

Nous avons recherché si d'autres matières protéiques donnaient la même réaction. Nous avons pu constater que la fibrine, la caséine, la kératine (ongle humain, épiderme corné des oiseaux) la donnaient même par un chauffage modéré. La mucine de l'escargot et la nucléine commerciale donnent une réaction analogue, mais la teinte est plutôt d'un brun rougeâtre. L'hémoglobine se transforme en un produit brun qui, sous une faible épaisseur, paraît violet au microscope en lumière transmise. La gélatine, par contre, reste incolore ou devient seulement d'un rose très pâle à l'ébullition.

Il est évident que la réaction pourpre que donne l'acide orthophosphorique, pas plus que les autres réactions colorées des matières protéiques, n'est absolument caractéristique. Nous avons pensé tout d'abord qu'elle était due au pouvoir réducteur et déshydratant de l'acide orthophosphorique sur les radicaux aromatiques de la molécule albuminoïde. Nous avions

---

(¹) R.-F. HUNTER, *Protein reactions (with special reference to egg albumin)* (*Chemical News*, London, **127**, 1923, p. 134).

constaté en effet que certains phénols comme le naphtol α donnaient sous l'influence de cet acide une couleur brun rouge. Mais ni la tyrosine, ni la phénylalanine ne donnent la réaction. Par contre le tryptophane nous a fourni avec l'acide orthophosphorique sirupeux une coloration rouge grenat tournant au violet particulièrement intense. La réaction peut donc être attribuée avec quelque vraisemblance aux amino-acides hétérocycliques et au tryptophane en particulier. Le fait que la gélatine ne donne pas la réaction semble confirmer cette conclusion.

Nous avons cherché à appliquer notre réaction à la caractérisation histochimique des substances protéiques dans les tissus. Nous avons constaté qu'elle donnait une coloration rose suffisante même sur des coupes fines et teignait d'une façon analogue à l'éosine les travées les plus délicates du protoplasma des cellules végétales, les épithéliums et les inclusions de nature protéique des tissus animaux. Le collagène n'est pas coloré. Aussi dans des coupes de glandes comme la parotide, seuls les canaux excréteurs et les acini glandulaires apparaissent en rose. Sur les coupes fines, après fixation au Bouin, les vaisseaux contenant du sang prennent une teinte violette caractéristique de l'hémoglobine dont l'acide phosphorique nous paraît un bon réactif histologique. Si la coupe est plus épaisse, la teinte est plutôt brune.

Les pièces doivent être fixées de préférence à l'alcool, au formol ou au liquide de Bouin et fortement durcies par un séjour prolongé dans l'alcool à 95°. Les coupes ne doivent pas être trop minces. Elles peuvent être faites par tous les procédés, mais les meilleurs résultats sont donnés par l'inclusion à la celloïdine. Dans ce cas, la coupe, sans être débarrassée de la masse à inclusion, est recouverte d'une goutte d'acide phosphorique sirupeux et d'une lamelle et placée dans l'étuve à paraffine où la réaction se produit en quelques minutes. Les coupes, quel que soit leur mode de confection, sont examinées dans le réactif lui-même qui communique rapidement aux tissus une transparence comparable à celle que donne la glycérine. Les préparations se conservent quelques heures, la teinte rose passant ensuite à une teinte brune.

Ce procédé de détection des substances protéiques à l'acide phosphorique, que nous considérons comme une réaction du tryptophane, nous a paru digne d'être signalé. Il nous semble pouvoir rendre des services en histologie animale et végétale, car, basé sur l'emploi d'un acide faible et ne nécessitant qu'un léger chauffage à l'étuve, il permet d'obtenir une coloration assez intense, tout en altérant aussi peu que possible les structures histologiques.

PARASITISME. — *Sur les réactions d'un tissu au parasitisme; la lipoïdogenèse et la lipogenèse.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. Henneguy.

Dans les cellules de l'épithélium intestinal d'une Scolopendre (*Scolopendra cingulata*), parasitée par des Sporozoaires (*Nina gracilis* et *Adelina dimidiata*), on trouve des lipoïdes figurés, granules ou vésicules. Les vésicules présentent des formes et une évolution analogues à celles décrites pour les vésicules lipoïdes des Sporozoaires ([1]), leur osmiophilie augmente avec leur taille et, parmi les grandes vésicules, certaines sont imprégnées de graisse.

La distribution dans l'épithélium de ces lipoïdes ou graisses est en rapport avec le degré de parasitisme. Si une zone est peu parasitée ou ne renferme que des céphalins très jeunes, les lipoïdes de l'épithélium forment de petits groupements de granules à la base des cellules, les vésicules y sont rares, et, quand on en rencontre, elles sont placées dans les cellules qui supportent un céphalin. Dans les zones plus parasitées, le groupement basal, plus important, pénètre plus avant dans le cytoplasme; il renferme des vésicules lipoïdes pouvant atteindre 2μ. Si, sur une même coupe, une partie de l'intestin se trouve plus parasitée que l'autre, elle est aussi plus riche en lipoïdes et en graisses.

Dans les régions fortement parasitées, les cellules intestinales en contact avec le céphalin d'une *Nina* présentent, avec le groupement basal, un autre groupement lipoïde analogue, placé au pôle cellulaire opposé, à quelques μ de la ligne de contact du céphalin. De l'autre côté de cette ligne, se trouve le groupement antérieur protoméritique de la Grégarine, moins important et formé de fins granules lipoïdes. Ces granules, ainsi que les vésicules du groupement distal, sont fréquemment alignés en files parallèles, normales à la ligne de contact, comme s'ils subissaient une attraction commune de la part du deutomérite. Les deux groupements lipoïdes des cellules épithéliales ne sont pas sans rapport; on trouve souvent, dans le cytoplasme qui les sépare, des vésicules, éléments de migration d'origine basale qui viendraient constituer le groupement distal.

Les cellules parasitées par *Adelina* présentent une plus grande abondance

---

([1]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 335.

de lipoïdes et de graisses, au voisinage de la Coccidie; les vésicules sont d'autant plus développées que la Coccidie a atteint une plus grande taille. Les parasites provoquent donc une hypersécrétion de lipoïdes ou de graisses dans les cellules de l'hôte. La réaction n'est pas due à un simple contact du parasite; des parties de Grégarines, autres que le protomérite, peuvent être en contact avec l'intestin, sans qu'il y ait production de lipoïdes dans la région touchée.

Les lipoïdes de l'intestin constituent un matériel nutritif pour la Grégarine. La forme du groupement antérieur protoméritique est dirigée par la disposition de la ligne de contact du protomérite avec l'intestin. Dans quelques cas, ce contact n'existe pas dans la région médiane de la ligne; les granules dessinent alors deux groupements, chacun des deux groupes se trouve en face de la partie qui peut puiser dans l'épithéliun. Toutefois, ce n'est pas sous la forme de vésicules que s'effectue le passage. Les types les plus favorables à l'étude de cette question sont ceux où le protomérite présente une large surface de contact avec l'intestin. Dans ces formes, la ligne qui sépare le protomérite de l'épithélium est bordée par deux bandes cytoplasmiques, de quelques μ de large, dépourvues d'éléments lipoïdes figurés. La bande intestinale est limitée par les vésicules du groupe distal, mais surtout par les granules résultant de la dislocation de ces vésicules; la bande protoméritique est limitée par les fins granules du groupement antérieur du protomérite. A un fort grossissement, on distingue, dans les deux bandes cytoplasmiques, des granules lipoïdes à la limite de la visibilité. Ces très fins granules représentent-ils la forme de passage de l'hôte au parasite? Leur signification est différente suivant qu'ils se trouvent dans l'intestin, où ils représentent une phase de la dislocation des lipoïdes intestinaux, ou dans le protomérite, où ils constituent une étape dans la genèse des granules lipoïdes du groupement antérieur protoméritique.

En suivant les diverses phases de la croissance du céphalin, on trouve, dans la position et la forme des granules et vésicules lipoïdes, tous les intermédiaires permettant de concevoir que, par un phénomène de grossissement parallèle à leur migration vers le deutomérite, les granules du groupe antérieur protoméritique constituent la source des réserves lipoïdes de la Grégarine. Ce groupe tirant lui-même ses éléments des lipoïdes de l'intestin, le céphalin sera dans des conditions de nutrition d'autant plus favorables, qu'il sera fixé sur une région intestinale plus riche en lipoïdes, ce qui est précisément le cas des régions les plus parasitées. Ainsi s'ex-

plique un caractère curieux de la biologie des Grégarines; les individus isolés se rencontrent rarement parce que leurs conditions de nutrition sont beaucoup moins faciles que celles réalisées par les groupements de céphalins. Ce sont des raisons semblables qui nous aident à comprendre le fait, en apparence paradoxal, signalé par Léger et Duboscq en 1908 ([1]), fait que j'ai eu l'occasion de vérifier depuis : « les Coccidies *Aggregata eberthi* parasites d'un *Portunus* se développent d'autant mieux, qu'elles sont plus nombreuses et plus serrées ».

La sécrétion de lipoïdes et de graisses, provoquée par l'action du parasite, bénéficie à l'hôte car, dans les régions où les céphalins viennent de se détacher, les cellules de l'épithélium intestinal renferment encore une provision de ces réserves. Il faut rapprocher ces résultats de ceux obtenus par Smith et par Robson ([2]). Ces auteurs montrent que l'hépatopancréas et le sang des Crabes sacculinés renferment une plus forte proportion de graisse.

Ainsi, dans des groupes assez éloignés, sous l'effet de parasites fort différents, les modifications du métabolisme cellulaire de l'hôte sont comparables. La lipoïdogenèse et la lipogenèse seraient-elles des manifestations générales de la réaction cellulaire au parasitisme ?

A $16^h 20^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

É. P.

([1]) L. Léger et O. Duboscq, *L'évolution schizogonique de l'*Aggregata eberthi (*Arch. f. Protist.*, 12, 1908, p. 44).

([2]) G. Robson, *The effect of* Sacculina *upon the fat metabolism of its host* (*Quart. J. of mic. sc.*, 57, 1911, p. 267).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 MARS 1925.

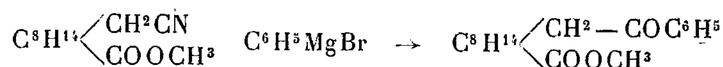
PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dicétones et cétones mixtes dérivées de l'α-mononitrile de l'acide camphorique et du cyanocampholate de méthyle.* Note de MM. **A. Haller** et **F. Salmon Legagneur**.

En étudiant l'action du bromure de phénylmagnésium sur le cyanocampholate de méthyle, l'un de nous, en collaboration avec M. Weimann ([1]), avait isolé, parmi les produits de la réaction, du benzoylcampholate de méthyle



$$C^8H^{14}\begin{cases}CH^2CN \\ COOCH^3\end{cases} \quad C^6H^5MgBr \rightarrow C^8H^{14}\begin{cases}CH^2-COC^6H^5 \\ COOCH^3\end{cases}$$

Ce même composé a été préparé plus tard en partant du dibenzoylcamphre ([2]). En reprenant nos premières recherches dans des conditions variées, nous avons constaté qu'il se formait, en plus du produit déjà signalé, d'autres composés résultant de l'attaque de la fonction éther-sel par l'organomagnésien. Mais cette Note a pour principal objet l'étude de l'action de C^6H^5MgBr sur l'homologue inférieur du cyanocampholate, c'est-à-dire sur l'éther méthylique de l'α-mononitrile de l'acide camphorique



$$C^8H^{14}\begin{cases}CH^2CN \\ COOCH^3\end{cases}$$

I. *Action du bromure de phénylmagnésium sur ce nitrile éther-sel.* — L'éther

---

([1]) A. Haller et Weimann, *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 298.

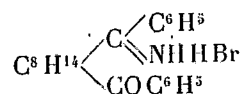
([2]) A. Haller et L. Palfray, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1642.

méthylique de l'acide α-nitrile camphorique a été obtenu au moyen d'une technique un peu différente de celle indiquée par MM. Oddo et Leonardi (¹) d'une part, et MM. Rupe et Splittberger (²) d'autre part.

Notre isonitrosocamphre est d'abord préparé en faisant agir de l'azotite d'amyle sur le camphre sodé par l'intermédiaire de l'amidure. Ce dérivé isonitrosé, en solution benzénique, est additionné de chlorure de thionyle au lieu et place de chlorure de phosphore. On verse ensuite directement sur le produit de la réaction un léger excès d'alcool méthylique anhydre et l'on obtient ainsi l'éther méthylique avec un excellent rendement.

A du bromure de phénylmagnésium, obtenu au sein de l'éther anhydre (400g) avec 18g de magnésium et 120g de bromure de phényle, on ajoute goutte à goutte, au moyen d'un entonnoir à robinet, 35g de l'éther méthylique d'acide α-nitrile camphorique, en ayant soin d'agiter vigoureusement le mélange pendant toute une journée.

La solution vire au rouge et il se forme dans le ballon deux couches de liquide. La réaction s'achève en maintenant l'ébullition encore pendant une journée. Le contenu du ballon est décomposé par de l'eau glacée et acidulée au moyen de l'acide bromhydrique, pour dissoudre la magnésie formée. Il se dépose alors, entre les deux couches éther et eau, un corps A, blanc grisâtre, cristallisé, qu'on essore à la trompe. Les 10g de produit isolés de la sorte sont dissous dans l'alcool absolu et la liqueur est précipitée par l'addition d'éther. Le composé recueilli se présente sous la forme de fines aiguilles blanches très solubles dans l'alcool, insolubles dans l'éther, solubles dans l'eau bouillante. Il fond à 211-213°, contient du brome et de l'azote et donne à l'analyse des chiffres correspondant au bromhydrate de la cétimine :

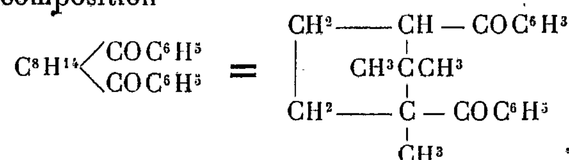


Lévogyre, ce corps possède dans l'alcool absolu le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D^{14°} = -53°16'$.

Traité par l'alcool bouillant légèrement acidulé par HCl, il laisse déposer des cristaux de forme dendritique qui, redissous dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole, se redéposent en superbes tables fondant à 118° et

(¹) Oddo et Leonardi, *Gazz. chim. ital.*, 26, I, 1896, p. 405.
(²) Rupe et Splittberger, *B. d. Chem. Ges.*, 40, 1907, p. 4311.

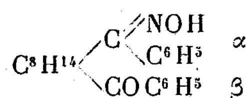
répondant à la composition



Tenant compte de la constitution du noyau $C^8H^{14}<$, ce corps n'est autre chose que le *dibenzoyl*-1.3-*triméthyl*-1.2.2-*cyclopentane*.

Son pouvoir rotatoire en solution benzénique : $[\alpha]_D^{10°} = -60°10'$.

Traité par le chlorhydrate d'hydroxylamine et l'acétate de sodium en milieu hydro-alcoolique, il fournit une monoxime de point de fusion 199-200° répondant à la constitution

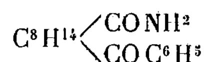


Ce même dérivé se forme d'ailleurs très facilement quand on traite directement le bromhydrate de cétimine, signalé plus haut, par du chlorhydrate d'hydroxylamine dans les mêmes conditions, indice que c'est bien la fonction cétone en α qui est transformée en oxime.

Corps B. — La solution éthérée résultant de la décomposition du complexe magnésien, et dont on a séparé les cristaux A, est lavée à l'eau alcaline, séchée sur du sulfate de magnésie anhydre et évaporée. Le résidu est distillé sous un vide de 18^{mm} jusqu'à 150° environ pour éliminer la majeure partie du diphényle formé au cours de la réaction. On continue ensuite la rectification et l'on recueille de 210° à 220° sous 4^{mm},5, environ 12^g d'une huile claire, visqueuse et, au-dessus de 225°, 5^g d'une huile épaisse de couleur foncée. Le résidu assez important ne distille pas.

Les deux dernières fractions sont mises à cristalliser soit dans un mélange d'éther et de ligroïne, soit de benzène et de ligroïne. On isole de fines aiguilles qu'on purifie par des cristallisations répétées dans le benzène bouillant dans lequel il est peu soluble à froid. Au bloc Maquenne il fond intantanément à 172°-175°, mais commence à se ramollir dès la température de 120°.

A l'analyse il donne des chiffres concordant avec la formule

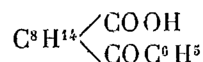


ce qui conduit à le considérer comme le *benzoyl*-1-*triméthyl*-1.2.2-*carbo*-

nylamide-3-cyclopentane. Il est dextrogyre, son pouvoir rotatoire dans l'alcool absolu étant $[\alpha]_D^{16°} = +44°51'$.

Avec le chlorhydrate d'hydroxylamine il fournit une oxime fondant à 194°-196°.

La potasse alcoolique, et mieux l'acide chlorhydrique à 10 pour 100, le transforment en un acide qu'on purifie par dissolution dans le benzène et précipitation de la liqueur au moyen de la ligroïne. Cet acide

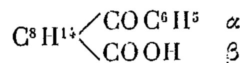


peu soluble dans l'eau, même à chaud, est très soluble dans l'éther et l'alcool et a pour point de fusion 169° (¹). Il est inactif sur la lumière polarisée. Son sel de potasse donne un précipité blanc avec l'azotate d'argent. Il ne fournit pas d'oxime ni de semicarbazone.

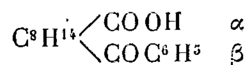
II. *Action du bromure de phénylmagnésium sur le cyanocampholate de méthyle.* — On opère comme avec l'homologue inférieur en faisant agir 8^g de cyanocampholate sur l'organomagnésien préparé avec $2^g,4$ de Mg, 16^g de C^6H^5Br et 200^{cm^3} d'éther (soit 2^{mol} de C^6H^5MgBr pour 1^{mol} de dérivé cyané). Après un chauffage prolongé et un traitement du liquide éthéré par de l'eau glacée et accidulée on isole, comme précédemment, un précipité

(¹) Un acide de même composition $C^{16}H^{20}O^3$, mais fondant à 125°-126°, a été isolé par M. Burcker (*B. S. Ch.*, 3e série, 4, 1890, p. 112; 13, 1895, p. 780, 901) parmi les produits de l'action du chlorure d'aluminium sur un mélange d'anhydride camphorique et de benzène. La réaction fut reprise en 1894 (*Comptes rendus*, 119, 1894, p. 427) par MM. Burcker et Stabil qui isolèrent, outre l'acide précité, son anhydride $C^{16}H^{18}O^2$, ainsi qu'un composé $C^{22}H^{24}O^2$ que les auteurs décrivent « sous la forme d'une masse cristalline de couleur rougeâtre » sans autre précision.

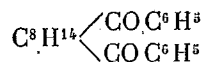
Il est possible que l'acide $C^{16}H^{20}O^3$ fondant à 125°-126° a pour constitution



alors qu'au nôtre revient celle d'un acide

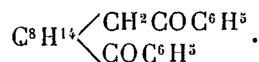


Quant au composé $C^{22}H^{24}O^2$, il convient d'en reprendre l'étude et de l'obtenir à l'état pur pour le confronter avec notre dicétone



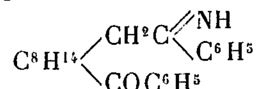
de point de fusion 118°.

grisâtre entre les deux couches éther et eau, de point de fusion indistinct vers 180°, précipité qu'on essore à la trompe et qu'on fait cristalliser dans l'alcool bouillant. On obtient de fines aiguilles fondant à 115° et qui, à l'analyse, donnent des chiffres correspondant au *benzoyl-1-triméthyl-1.2.2-phénacyl-3-cyclopenthane*



Pouvoir rotatoire dans le benzène $[\alpha]_D = + 43°35'$.

Il est probable que le précipité grisâtre fondant au-dessus de 180° est le bromhydrate de la cétimine



présentant de fortes analogies avec son homologue inférieur que nous avons réussi à isoler.

La liqueur éthérée, surnageant le précipité, traitée comme précédemment, ne donne après distillation que du benzoylcampholate de méthyle déjà décrit et fondant vers 70°.

Quand on fait réagir 4^{mol} d'organomagnésien ($Mg = 14^g,4$, $C^6H^5Br = 95^g$, éther anhydre 300^g) sur une molécule de cyanocampholate (30^g) on n'obtient pas de composé insoluble entre les deux couches d'éther et d'eau. Par contre, on recueille à la distillation sous 6^{mm} à 8^{mm} de pression, 15^g de substance passant entre 185° et 215° et 5^g entre 215° et 225°.

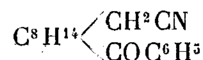
La première fraction reprise par la ligroïne froide laisse un produit insoluble (3^g) qui cristallise, au sein de l'alcool bouillant, en belles tables rectangulaires de point de fusion 140°-141°. Ce corps répond à la formule



et peut être considéré comme du *benzoyl-1-triméthyl-1.2.2-éthylnitrile-3-cyclopentane*. Ce corps ne forme de dérivé ni avec l'hydroxylamine ni avec la semicarbazide.

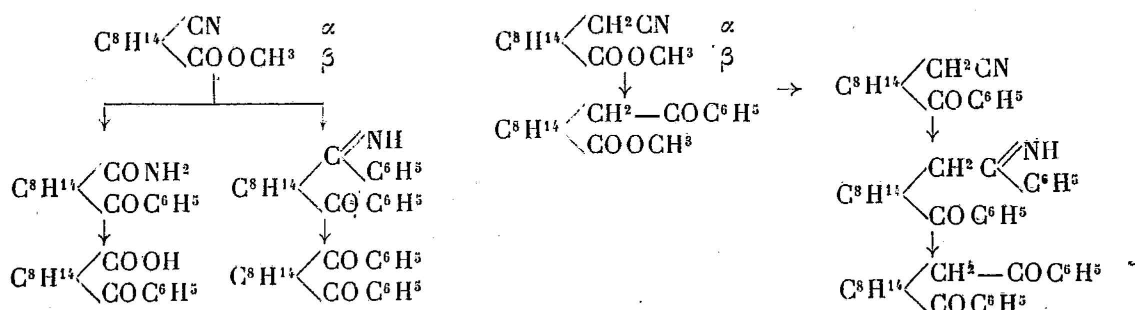
La portion soluble dans la ligroïne est constituée uniquement par du benzoylcampholate de méthyle.

Enfin de la deuxième fraction de la distillation on isole par cristallisations répétées, dans un mélange d'éther et de ligroïne, le même composé



et un autre produit de point de fusion 195-197°, cristallisé en petites lamelles et dont l'analyse fournit des chiffres qui conduisent à un corps de la formule $C^{17}H^{23}ON$, composé qui diffère de celui fondant à 140-141° par deux atomes d'hydrogène en plus. Il en est peut-être l'alcool correspondant. La trop petite quantité de produit isolé ne nous a pas permis d'établir sa constitution d'une façon définitive.

Conclusions. — On peut représenter l'ensemble des produits qui se forment dans l'action de l'organomagnésien du phényle sur les deux nitriles éthers-sels homologues par le tableau suivant :



A l'inspection de ce tableau on remarque que si l'on aboutit avec les deux nitriles éthers-sels à des dérivés dibenzoylés α, β, il n'y a pas parallélisme absolu entre les réactions qui se succèdent à partir des nitriles.

Il y a, d'autre part, lieu d'observer qu'à part la cétimine et le dérivé dibenzoylé se rattachant à l'α-nitrile camphorique droit qui sont nettement gauches, tous les autres composés dévient la lumière polarisée à droite.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du carbone dans les substances organiques.* Note (¹) de MM. A. **Desgrez** et R. **Vivario.**

L'un de nous a fait connaître (²) une méthode de dosage du carbone urinaire total basée sur l'oxydation sulfochromique. Des tubes contenant du ferrocyanure de potassium et du borax fixent le chlore et l'acide chlorhydrique qui se dégagent; l'anhydride carbonique ainsi purifié est recueilli dans un flacon à potasse.

(¹) Séance du 16 mars 1925.

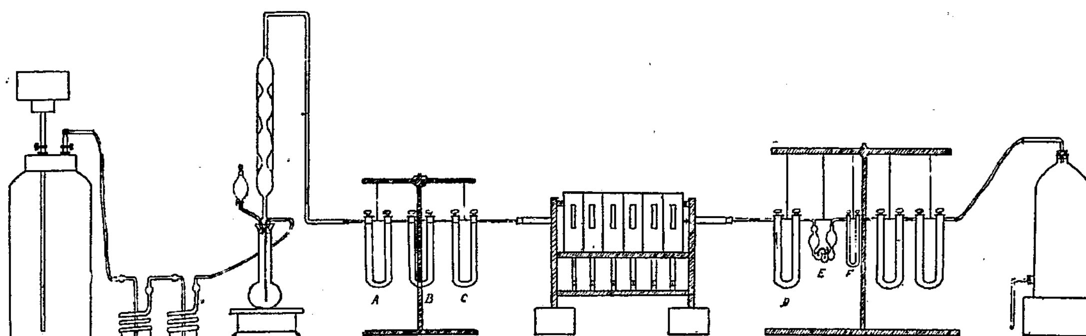
(²) A. Desgrez, *Le carbone total urinaire* (*Bulletin des Sciences pharmacologiques*, 3, 1901, p. 345).

Donzé et Lambling (¹) ayant constaté que le mélange sulfochromique peut être, dans certains cas, insuffisant pour oxyder complètement le carbone, ont proposé d'introduire, entre les tubes et le flacon à potasse, un tube renfermant de l'oxyde cuivrique, placé sur une grille à combustion. En vue d'utiliser cette méthode pour le dosage du carbone dans le plasma sanguin, nous avons voulu nous assurer : 1° que les dérivés volatils du chlore et de l'azote, qui pourraient se dégager au cours de l'opération, sont bien retenus par le ferrocyanure et le borax ; 2° que l'oxydation du carbone est complète, même lorsqu'il s'agit du carbone protéique.

Nos essais nous ont montré que le procédé donne des résultats exacts, à condition que l'on opère en présence d'un grand excès de bichromate potassique et d'acide sulfurique aussi concentré que possible.

La technique est la suivante :

Appareil. — L'appareil que nous utilisons est disposé approximativement comme l'indique Donzé. Il comporte, de gauche à droite (voir figure) :



1° Un gazomètre; un premier tube laveur de Winkler, contenant une solution concentrée de potasse et un second renfermant de l'acide sulfurique concentré; 2° un appareil de Desgrez, appareil en verre résistant (pyrex), muni d'un ballon de 300$^{cm^3}$ environ et placé sur un réchaud à gaz; 3° trois tubes en U de 20^{cm} de haut, renfermant : le premier, (A), de la ponce sulfurique; le deuxième, (B), du ferrocyanure de potassium en grains; le troisième, (C), du borax fondu et granulé; 4° un tube en verre, de 50 à 60^{cm} de longueur, placé sur une grille à combustion; ce tube contient de l'oxyde cuivrique vermiculé, maintenu par deux rouleaux de toile de

(¹) Donzé et Lambling, *Sur le dosage du carbone total de l'urine* (*C. R. de la Société de Biologie*, 4, 1903, p. 968).

cuivre; 5° trois tubes en U, de 20^{cm}, renfermant le premier et le troisième de la ponce sulfurique (tubes D et I), le deuxième de la chaux sodée (tube H). L'ensemble se termine par un grand flacon avec tubulure inférieure, rempli d'eau et qui fonctionne comme aspirateur. Entre les tubes D et I, s'interposent un tube (E) de Mohr (avec de la potasse) et un petit tube en U (F) dont l'une des branches contient de la potasse en fragments et l'autre du chlorure de calcium granulé.

Mode opératoire. — L'appareil étant disposé ainsi que nous venons de l'indiquer, sans le tube de Mohr ni le tube F, introduire dans le ballon : 1° 2 à 3^{cm^3} de plasma, ou quelques décigrammes de la substance à analyser; 2° 10^g de bichromate de potassium. Fixer le ballon au réfrigérant et verser un peu d'acide sulfurique dans la partie évasée du col du ballon, pour assurer une fermeture étanche. Allumer les brûleurs de la grille et faire passer lentement un courant d'air pour priver l'appareil de CO^2. Entre temps, tarer les tubes E et F. Disposer ensuite ces tubes entre les tubes D et H, arrêter le passage de l'air pendant cette opération. Verser, par l'entonnoir à brome de l'appareil, 10^{cm^3} d'eau distillée bouillie et, ensuite, 125^{cm^3} d'acide sulfurique concentré. Cette addition doit se faire goutte à goutte au début, et le courant d'air doit être réglé de façon à éviter un passage trop rapide du gaz dans le tube de Mohr. L'acide étant introduit entièrement, chauffer doucement le ballon. Augmenter progressivement la flamme, en prenant soin de maintenir un passage lent et régulier des gaz.

En 2 heures environ, l'oxydation est complète. La fin de l'opération est indiquée par la cessation du dégagement gazeux, et, ordinairement aussi, par la formation d'un dépôt vert. Cesser de chauffer le ballon, éteindre progressivement les brûleurs de la grille, continuer à faire passer un courant d'air pendant trois quarts d'heure environ pour éliminer complètement l'oxygène des tubes E et F. Peser ces derniers tubes, après un séjour d'une heure au moins dans la salle des pesées.

Afin de nous assurer que les dérivés azotés et chlorés ne peuvent fausser les résultats du dosage, nous avons effectué des essais en opérant comme s'il s'agissait d'un dosage, mais en introduisant, dans le ballon de l'appareil, $0^g,5$ de nitrite de sodium, 10^g de bichromate et 125^{cm^3} d'acide sulfurique. Pour constater la présence éventuelle des dérivés azotés, nous avons placé, entre les tubes à combustion et le tube D, un tube de Mohr contenant de l'empois d'amidon et de l'iodure de potassium. Dans une autre série d'expériences, nous avons remplacé le nitrite par 1^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré, et la solution d'empois d'amidon et d'iodure par une solution de nitrate d'argent.

Dans aucun cas nous n'avons pu déceler le passage soit de dérivés nitrés, soit de dérivés chlorés. Ces essais répétés sans tube témoin, mais avec les tubes à potasse (E et F), nous ont permis de constater qu'il n'y avait pas d'augmentation de poids après l'opération.

Il nous restait à vérifier si, par ce procédé, tout le carbone des matières organiques était bien transformé en anhydride carbonique. Dans ce but, nous avons dosé le carbone des quelques substances suivantes : sulfocyanure de potassium, cystine, créatine, phénylalanine, sérumalbumine, glucose, acide palmitique.

Les résultats obtenus sont indiqués au Tableau I.

TABLEAU I.

	Carbone pour 100.	
	Essai 1.	Essai 2.
Sulfocyanure de potassium	12,39	12,41
Créatine	36,11	36,10
Cystine	29,21	29,17
Phénylalanine	65,34	65,30
Sérumalbumine	50,91	50,93
Glucose	39,80	39,84
Acide palmitique	74,69	74,70

Afin de vérifier la concordance des résultats, lorsqu'il s'agit d'analyses de sang, nous avons fait deux séries de dosages de carbone sur un mélange de sérum (cheval), de sérumalbumine, de glucose et d'acide palmitique, dont nous avions, au préalable, déterminé la teneur en carbone. Les résultats de ces essais sont mentionnés ci-dessous (Tableau II).

TABLEAU II.

	Carbone (en milligrammes).			
	Mélange 1.		Mélange 2.	
Substances.	Théorique ([1]).	Dosé.	Théorique ([1]).	Dosé.
Sérum	50,2		50,2	
Acide palmitique	57,4		88,6	
Sérumalbumine	34,2		46,5	
Glucose	30,1		66,9	
Carbone total	171,9	172,4	252,2	252,5

([1]) Ces données proviennent des dosages de C, effectués sur chacune de ces substances.

L'examen des Tableaux I et II permet de constater que le carbone des substances analysées est entièrement dosé, à l'état de CO^2, et que les résultats sont constants.

ÉLECTRICITÉ. — *Rectification de la lumière des tubes au néon.* Note de M. G. Claude.

J'ai obtenu dans un travail sur la rectification de la lumière du néon des résultats assez curieux que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie.

Dans les tubes à néon-mercure employés pour donner la lumière bleue, et spécialement dans ceux de faible diamètre (8 à 10^{mm} extérieurs), les variations de température influent beaucoup sur la qualité de la lumière.

Quand la température est élevée, seul le spectre du mercure est visible ; si elle s'abaisse progressivement, quelques lignes du néon apparaissent d'abord, puis la lumière blanchit, rosit, et finalement rougit. Cela provient évidemment de ce que, à mesure que le tube refroidit, la tension de vapeur du mercure diminue progressivement et que le néon prend dans le transport des charges électriques un rôle de plus en plus prépondérant.

Or, constituons un de ces tubes d'une succession de tronçons de gros et

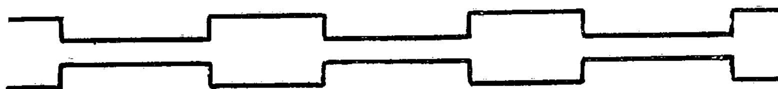


Fig. 1.

de petit diamètre (*fig.* 1) : la densité de courant étant plus grande dans les tronçons étroits, la température y sera plus élevée.

Une déduction trop hâtive des constatations précédentes m'avait donc fait penser que dans les sections étroites et chaudes, on aurait la lumière du mercure, et dans les sections larges et froides la lumière du néon. On obtiendrait ainsi, outre des effets décoratifs intéressants, la correction de la lumière du néon par la lumière du mercure à l'aide d'un seul tube, résultat pratiquement impossible jusque-là.

De fait, le résultat cherché a bien été obtenu, mais d'une façon précisément inverse de celle que j'attendais : pour un certain régime, d'ailleurs assez élastique, non seulement les parties larges, si elles ne sont pas trop froides, donnent la lumière du mercure, et pas celle du néon, mais les parties rétrécies, donc les plus chaudes, fournissent la lumière du néon, et pas celle du mercure.

Une expérience instructive va nous aider à comprendre cette double rectification imposée par les faits à ma conception primitive.

Dans des conditions de régime convenables, augmentons brusquement le courant d'un tube ordinaire néon-mercure marchant en lumière bleue; nous observons que la lumière du néon apparaît subitement, éteignant presque celle du mercure. Cependant, cet effet est fugace : après quelques secondes, le courant plus intense volatilise plus de mercure; celui-ci reprend le dessus et éteint le néon.

Cette expérience nous apprend qu'un mélange donné de néon et de mercure peut vibrer en mercure à faible densité de courant et en néon à forte densité; elle nous confirme en outre que plus le mélange s'enrichit en mercure, plus difficilement il vibre en néon.

Or, dans notre dispositif à tronçons alternativement gros et étroits, la densité de courant est automatiquement faible dans les gros tronçons, et grande dans les autres : il est donc naturel que les gros vibrent en mercure et les petits en néon.

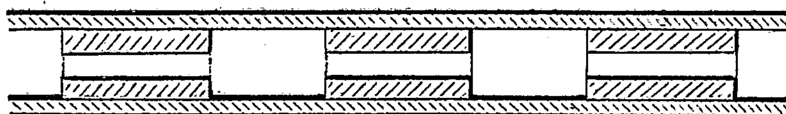


Fig. 2.

On peut pourtant se demander pourquoi ce dernier effet est permanent, et non fugace comme je le disais tout à l'heure d'un tube ordinaire. Il semble, en effet, que le chauffage plus fort des tronçons étroits y provoquant une volatilisation plus grande du mercure devrait amener rapidement ici encore l'extinction du néon. C'est cependant une erreur, car la tension du mercure en tous les points de l'enceinte est ici gouvernée par le principe de la paroi froide, laquelle est, en l'espèce, celle des tronçons de grosse section : la teneur en vapeur de mercure des petits tronçons ne peut donc augmenter; le mercure en excès qui s'y trouve est bientôt transporté sur les surfaces froides et, après une mise en régime plus ou moins longue, la lumière du néon y peut subsister indéfiniment.

En résumé, malgré le mal-fondé de mon point de départ, je suis donc arrivé à ce résultat curieux, et qui intéressera sans doute les physiciens, d'un mélange gazeux de teneur uniforme donnant au même moment, dans des régions délimitées à volonté d'une même enceinte, le spectre du mercure ou celui du néon.

J'ajoute que de tels tubes sont facilement fabriqués (*fig.* 2) en introduisant

dans un tube de diamètre uniforme des tronçons de tubes plus petits et d'un diamètre interne convenable. On conçoit d'ailleurs qu'il suffit de varier les longueurs respectives des tronçons successifs pour modifier à volonté la teinte de la lumière résultante.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'anisal-p-aminocinnamate d'éthyle.* Note ([1]) de M. G. **Friedel.**

L'anisal-*p*-aminocinnamate d'éthyle (A) a été décrit par Vorländer comme ayant deux phases « cristallines liquides » (mésomorphes). On sait que les auteurs allemands se sont plu à multiplier le nombre de ces phases et croient à l'existence de trois et quatre formes mésomorphes pour un même corps. Les distinctions entre ces phases sont le plus souvent basées sur des différences d'aspect qui sont loin de suffire à les justifier. Dans la très grande majorité des cas, les prétendues phases multiples se réduisent en réalité à une seule. Je n'ai pu, en aucun cas, en constater plus de deux, l'une smectique, l'autre nématique. Encore ces exemples de double phase mésomorphe sont-ils rares. Ce sont, à ma connaissance, ceux de quelques sels de cholestérine des acides gras, et en dehors de cela uniquement le cas du corps (A) qui, au moins au premier examen, semble montrer une phase smectique et une phase nématique du type ordinaire.

J'ai déjà indiqué sommairement ([2]) que l'échantillon de (A) que j'ai pu étudier, provenant du laboratoire Gärtner et que je devais à l'obligeance de M. Gaubert, ne se comportait pas comme un corps pur, mais comme un mélange. MM. Feldtkeller et Walter viennent de publier ([3]) une description de ce corps, dans lequel ils ne comptent pas moins de quatre phases « cristallines liquides ». Les températures de transformation qu'ils indiquent confirment que mon échantillon est identique à celui qu'ils ont utilisé. Il y a donc un certain intérêt à donner les raisons pour lesquelles je considère ce corps comme un mélange. Je passe sur la description de la structure à coniques qui fait l'objet principal du Mémoire de ces auteurs; elle témoigne d'une méconnaissance absolue de ce qui a été fait depuis 15 ans sur ce

([1]) Séance du 9 mars 1925.
([2]) *Ann. de Phys.*, 18, 1922, note, p. 462.
([3]) *Z. f. Kr.*, 60, 1924, p. 349-360.

sujet [1], comme d'ailleurs sur les états mésomorphes en général. Je ne m'occupe ici que de la prétendue multiplicité des phases.

J'emploie pour l'étude microscopique des corps mésomorphes un petit four fermé, chauffé électriquement par un double enroulement de fil de platine, et soigneusement étudié pour donner une température (mesurée au thermomètre à mercure) uniforme à moins de 1° près. Feldtkeller et Walter ont employé une platine en bois, munie de deux fils parallèles de chauffage et sur laquelle le porte-objet est placé à l'air libre. Dans ces conditions, des différences de deux ou trois degrés sont négligeables.

Feldtkeller et Walter admettent les transformations suivantes : Au-dessus de 138°, le corps est liquide et amorphe. Entre 138° et 117°, phase « cristalline liquide » I; c'est ce que nous appelons la phase *nématique*. Entre 117° et 108°, phase « cristalline liquide » II; c'est ce que nous appelons la phase *smectique*. Entre 108° et 100° (ou en surfusion jusqu'à 92°), deux phases III_a et III_b. La phase III_a serait une « résine cristalline » (Kr. Harz), dont il est dit seulement que, dans sa formation, elle garde à peu près les formes de la phase II. Sur la phase III_b, aucun renseignement, si ce n'est que son existence est douteuse. A 100°, les phases III passeraient à l'état cristallisé solide.

Voici maintenant ce que j'ai observé, en élevant graduellement la température : A froid, le corps, préalablement fondu sur un porte-objet, est cristallisé et solide; il se présente sous la forme d'une masse vermiculée qui, ainsi que je l'ai décrit aux pages 313-314 du Mémoire précité de 1922, pseudomorphise grossièrement la phase smectique II. Ce phénomène, bien connu et beaucoup plus précis dans d'autres cas (*p*-azoxycinnamate d'octyle, myristate de cholestérine, mélanges divers), paraît être ce qui a engagé les auteurs précités à imaginer les phases III. Mais on n'observe absolument rien, à 100°, qui justifie une séparation entre la phase III, réellement *cristallisée*, et une autre qui existerait au-dessous de 100°. Les phases III ne sont pas mésomorphes, mais cristallines, et se confondent avec la phase cristallisée existant à la température ordinaire.

Lorsque la température s'élève, la première fusion se produit à $T_1 = 107°$ (F. et W. 108°). Le corps passe à l'état mésomorphe. Mais cette fusion produit un résultat inaccoutumé : il se fait d'une part, en proportion très dominante, un corps smectique typique, à belles coniques focales ; et en même

(1) Friedel et Grandjean, *Bull. Soc. Min.*, 33, 1910, p. 409-469; Grandjean, *Bull. Soc. Min.*, 42, 1919, p. 42-86; Friedel, *Ann. de Phys.*, 18, 1922, p. 273-474.

temps, des plages homéotropes dont l'axe optique s'oriente normalement à la surface (plages dites normales) et qui montrent un mouvement brownien de l'axe optique d'une extraordinaire intensité. On sait que, jusqu'à présent, ce mouvement brownien est spécial aux corps nématiques et n'a jamais été observé dans les corps smectiques. D'ailleurs les plages smectiques à coniques n'en montrent pas trace, mais seulement les plages normales qui les entourent. Il y a là une première raison de croire que ces plages normales n'appartiennent pas à la phase smectique, mais à une phase nématique coexistante.

Vers 107°, les plages normales sont très réduites. Quand la température s'élève, elles croissent graduellement en étendue, montrant un mouvement brownien de plus en plus fort; les plages smectiques diminuent. Puis, à $T_2 = 114°$ (F. et W. 117°), les plages smectiques disparaissent, remplacées par des plages nématiques typiques, à noyaux. Mais, à cette température, *rien* ne change dans les plages normales à mouvement brownien. Tout l'ensemble est devenu une phase nématique unique, à mouvement brownien violent, et que rien ne distingue des plages de même nature qui existaient dès 107°.

Enfin à $T_3 = 133°$ (F. et W. 138°), cette phase nématique passe à la forme amorphe.

Inversement, abaissons la température à partir de l'état amorphe. La phase nématique reparaît à 133°, sans aucune surfusion, sous forme de plages à noyaux qui, très rapidement, s'orientent normalement et qui montrent le même mouvement brownien que précédemment. Dans ces plages normales subsistent par endroits des plages à noyaux, sous forme de boyaux contournés (F. et W. aspect « schlierig », strié). Ces plages à noyaux, dont la nature nématique est certaine, subsisteront jusqu'à 107°, et au-dessous par surfusion, dans les plages normales, démontrant ainsi d'une manière évidente que ces plages normales appartiennent à une phase nématique existant à côté de la phase smectique.

A 114°, ici encore sans aucune surfusion, on voit paraître dans la phase nématique de grands bâtonnets, cylindriques ou peu renflés, de la phase smectique. Mais si la température s'abaisse au-dessous de 114°, ces bâtonnets n'envahissent pas toute la préparation. Ils croissent tant que la température décroît, les plages nématiques qui les entourent diminuant. Et si l'on vient à relever la température, si peu que ce soit, on voit les bâtonnets smectiques se réduire et les plages nématiques croître. Il y a ainsi, à chaque température au-dessous de 114°, un *équilibre* entre les deux sortes de plages, qui appartiennent donc certainement à deux phases dis-

tinctes, coexistantes en proportions continûment variables dans un large intervalle de températures.

A 107°, il n'y a pas cristallisation immédiate, mais surfusion très accentuée. A ce moment, les plages nématiques à mouvement brownien sont devenues très réduites. Ce ne sont plus que de petits résidus qui se fondent difficilement dans les plages à coniques. Elles finissent cependant par disparaître vers 98-99°. A 97°, toute la masse est devenue smectique, mais l'emplacement de chaque résidu de plage nématique est marqué par un petit paquet de cristaux jaunes restant visibles dans la masse smectique jusqu'à sa cristallisation, et qui sont évidemment un reste de l'un des composants, concentré dans la phase nématique et dont il subsiste un petit excès, que la phase smectique n'a pas dissous. Si l'on relève la température à partir de 97°, on voit reparaître les plages nématiques vers 98-99°, *aux mêmes places* où elles existaient au refroidissement, et les cristaux jaunes disparaissent.

En résumé, le corps (A) montre, dès sa fusion à 107° à l'échauffement, et par surfusion jusqu'à 98-99° au refroidissement, deux phases *simultanées*, l'une smectique, l'autre nématique. Ces deux phases sont en équilibre à toutes températures jusqu'à 114°, la proportion de la phase smectique devenant nulle au-dessus de 114°, celle de la phase nématique nulle au-dessous de 98°. Ces températures ne sont pas des points de transformation définis, comparables à ceux d'un corps pur, mais dépendent essentiellement de la composition du mélange. C'est identiquement de la même manière que se comportent les mélanges, par exemple ceux d'azoxyphénétol et d'azoxybenzoate d'éthyle, qui présentent deux phases, l'une smectique, l'autre nématique, de compositions variables avec la température, et en proportions variables dans tout un intervalle de températures. Les corps purs à deux phases mésomorphes se comportent tout autrement et montrent à chaque température une phase unique, avec points de transformation définis. Jusqu'à ce que l'on ait préparé ce corps à l'état pur, l'anisalaminocinnamate d'éthyle ne pourra plus être cité comme exemple de double phase mésomorphe.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 47 suffrages, M. **Henry Scott** est élu Correspondant pour la Section de Botanique.

NOMINATIONS.

M. L. **Joubin** est désigné pour représenter l'Académie au *IXe Congrès international des Pêches et Industries maritimes.*

CORRESPONDANCE.

M. R. **Kœhler**, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, adresse des remercîments à l'Académie.

Sir **Arthur Schuster**, Secrétaire général du *Conseil international de Recherches*, transmet le programme de la troisième Assemblée générale, qui se réunira à Bruxelles le 7 juillet prochain.

M. M. **Molliard**, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris, prie l'Académie de désigner un de ses Membres qui fera partie du Conseil de perfectionnement de l'*Institut de Biologie maritime* de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Chimie minérale. Description des éléments chimiques et de leurs propriétés*, par H. Copaux et H. Perpérot. (Présenté par M. A. Haller.)

2° Conrad Kilian. *Essai de synthèse de la Géologie du Sahara sud-constantinois et du Sahara central.*

3° L. Duparc et M. Basadonna. *Manuel théorique et pratique d'Analyse volumétrique.* Deuxième édition, par Louis Duparc et Paul Wenger.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur une généralisation du théorème du reste de Brill et Nœther. Application aux groupes de points surabondants.* Note de M. **Bertrand Gambier.**

1. Une courbe algébrique C admettant des points multiples Π_1, Π_2, ... d'ordre i_1, i_2, ..., on appelle adjointe une courbe algébrique A admettant Π_1, Π_2, ... avec les multiplicités $i_1 - 1 + \omega_1$, $i_2 - 1 + \omega_2$, ... : je spécifierai avec soin la valeur de chaque entier, *positif ou nul*, ω_1, ω_2, ... et l'appellerai *excès de multiplicité*, ou plus brièvement *excès* relatif à A du point multiple correspondant.

Je sépare le total G des points, autres que les Π, communs à C et A en deux portions G', G'' (dont l'une peut se composer de zéro point). Je conviens d'appeler G' et G'' résiduels l'un de l'autre, avec les excès ω_1 en Π_1, ω_2 en Π_2, ..., par G' et G'' faisons passer respectivement les adjointes A' et A'' d'excès ω'_1 et ω''_1 en Π_1, ω'_2 et ω''_2 en Π_2, ...; A' donne le résiduel γ' de G' (d'excès ω'_1 en Π_1, ...), A'' le résiduel γ'' de G'' (d'excès...).

Les conditions nécessaires et suffisantes pour que γ' et γ'' soient résiduels l'un de l'autre (suivant la nouvelle définition) sont exprimées par l'ensemble des inégalités

$$\omega_1 \leqq \omega'_1 + \omega''_1, \qquad \omega_2 \leqq \omega'_2 + \omega''_2, \qquad \ldots.$$

Le degré de l'adjointe $\mathcal{A}$ réunissant γ' et γ'', ou les excès de $\mathcal{A}$, se calculent par cette condition que la somme des deux entiers correspondants relatifs à A *et $\mathcal{A}$ égale la même somme relative à* A' *et* A''.

2. *Deuxième généralisation :* supposons que A ne soit plus une adjointe : la multiplicité de Π_1 sur A est déficitaire, à la rigueur nulle : il est commode de la représenter encore par $i_1 - 1 + \omega_1$ ($\omega_1 \geqq 1 - i_1$) et je conserve le nom d'*excès* pour ω_1. Les excès pourront donc maintenant être positifs ou négatifs.

Comme plus haut, on considère le total G des points, autres que les Π, communs à C et A; on le partage en deux groupes G', G'' d'où sont issues les couches A', A'', adjointes ou non, donnant les excès positifs ou négatifs ω'_1 et ω''_1 en Π_1, ... et donnant les groupes γ', γ''. Les groupes G' et G'' ne sont plus résiduels dès qu'un seul ω est négatif, de même G' et γ' ou G'' et γ''. Mais *les inégalités*

$$\omega_1 \leqq \omega'_1 + \omega''_1, \qquad \omega_2 \leqq \omega'_2 + \omega''_2, \qquad \ldots$$

expriment encore les conditions nécessaires et suffisantes pour que les groupes γ'

et γ'' soient résiduels l'un de l'autre; le degré ou les excès de l'adjointe $\mathcal{A}'$ réunissant se calculent par la même règle que plus haut.

3. *Troisième généralisation.* Si le déficit de A en certains points tels que Π_1 atteint son maximum $1 - i_1$, que A′ ou A″ passent ou ne passent pas en Π_1, il peut être intéressant de chercher sous quelles conditions γ' et γ'' forment l'intersection complète de C avec une courbe $\mathcal{A}$, passant ou ne passant pas aux points Π, c'est-à-dire n'étant plus nécessairement une adjointe; il est d'ailleurs essentiel de spécifier l'excès (positif ou négatif) de $\mathcal{A}$ en chaque point Π. *Pour que la courbe $\mathcal{A}$, adjointe ou non, existe, il est nécessaire et suffisant qu'en chaque point multiple* Π *effectivement situé sur* A *on ait l'inégalité* $\omega \leqq \omega' + \omega''$, le degré de $\mathcal{A}$ se calcule comme plus haut; chaque excès de $\mathcal{A}$ se calcule comme plus haut, qu'il s'agisse d'ailleurs d'un point multiple de C situé ou non situé sur A.

4. Les principes énoncés ici permettent de constituer une théorie des séries linéaires de groupes de points découpés sur C par des courbes évitant systématiquement certains points multiples de C et conservant le caractère *adjoint* pour les autres; dans ces conditions C se comporte comme une courbe de genre *apparent* déterminé par les points multiples conservés; la théorie des séries *complètes*, *spéciales*, *non spéciales*, le théorème de Riemann-Roch, la loi de réciprocité de Brill et Nœther peuvent être réédités, avec quelques restrictions faciles à spécifier.

L'application du théorème d'Abel, quand le genre p utilisé est le genre apparent, ne se fait plus au moyen d'intégrales de première espèce, mais au moyen de p intégrales dont certaines peuvent être de seconde ou troisième espèce.

Je me contenterai de cette indication : dans l'espace à trois dimensions, l'existence des surfaces de translation de Sophus Lie se démontre en coupant une quartique plane *quelconque* par une droite mobile; si la quartique est de genre effectif 3, les coordonnées d'un point de la surface sont somme d'intégrales de première espèce; si la quartique acquiert 1, 2 ou 3 points doubles, on continue à obtenir des surfaces de translation de Sophus Lie, en coupant toujours par une droite *quelconque* et au fond cela revient à donner à la quartique le genre *apparent* 3.

5. Dans un autre ordre d'idées, j'ai pu, grâce aux principes précédents, achever la théorie des *groupes de points surabondants* pour un degré donné m, quand parmi les points-bases donnés il y en a qui ont sur chaque courbe à tracer une multiplicité supérieure à l'unité; j'ai traité cette question pour le cas des points-bases tous simples aux *Annales de l'École Normale supé-*

rieure, 3[e] série, 41, 1924, p. 147-264. On peut se borner aux groupes *complets* formés d'un nombre *fini* de points, de façon à éliminer le cas d'une seule C_m ou d'un système de courbes toutes décomposées, avec une partie commune.

Le genre p de la courbe *générale* du système (genre effectif) est celui qui résulte du degré m et de la multiplicité des points-bases; dans ces conditions, le groupe des points-bases d'un faisceau de courbes de genre p a pour surabondance p; la détermination des groupes anormaux revient à trouver quelle disposition doivent avoir les points-bases d'un faisceau pour contenir un groupe partiel, complet lui aussi, de surabondance s, *inférieure sans égalité à* p.

La surabondance, nulle ou positive, d'un groupe de points-bases donné s'obtient en menant deux C_m par ce groupe et en déterminant le nombre d'adjointes d'ordre $m-3$ linéairement indépendantes issues du groupe des points d'intersection complémentaires de C_m et C'_m.

En particulier il n'existe aucun groupe anormal complet formé d'un nombre fini de points pour le cas de courbes unicursales; pour le cas des courbes de genre 1, il n'y a que celui formé par les points-bases d'un faisceau.

6. Enfin on constate que l'étude de la disposition des points multiples d'une courbe algébrique, si ces points forment un groupe surabondant, revient à des problèmes de contact pour des courbes de degré convenable : par exemple trouver une octique ayant 15 points doubles revient à trouver une quintique et une sextique tangentes en 15 points simples.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les conditions nécessaires et suffisantes de la sommabilité de quelques fonctions.* Note de M. **Alexandre Kovanko**, présentée par M. Émile Borel.

D'après un théorème de M. Orbec, démontré à la Société mathématique de Moscou en 1914, nous avons une condition nécessaire et suffisante pour que la fonction $f(x) > 0$ (définie sur un ensemble E) soit sommable.

Soit E_k la partie de E où $f(x) \geqq K$.

La condition énoncée est la suivante :

Si la série $\sum_{k=1}^{\infty} mE_k$ converge, $f(x)$ est sommable et vice versa

$$mE_k = \text{mesure de } E_k.$$

Soit

$$F(u) > 0 \qquad (0 < u < +\infty)$$

une fonction croissante

$$\left[\lim_{u=\infty} F(u) = \infty\right] \qquad [F(n) = \text{entier pour } n \text{ entier}].$$

Nous posons la question suivante :

Trouver la condition nécessaire et suffisante pour que $F[f(x)]$ soit sommable.

Il est évident que $F[f(x)]$ est mesurable sur E. Soit ε_k la partie de E où $F[f(x)] \geqq k$.

La condition nécessaire et suffisante de la sommabilité de $F[f(x)]$ consiste en ce que la série

$$(1) \qquad s = \sum_{k=1}^{\infty} m\varepsilon_k$$

soit convergente (théorème d'Orbec).

Remplaçons la série (1) par une autre série conjuguée à la série (1) :

$$\begin{aligned} s &= (m\varepsilon_1 + m\varepsilon_2 + m\varepsilon_3 + \ldots + m\varepsilon_{F(1)}) + (m\varepsilon_{F(1)+1} + \ldots + m\varepsilon_{F(2)}) \\ &\quad + (m\varepsilon_{F(2)+1} + \ldots + m\varepsilon_{F(3)}) + \ldots < F(1)\, m\varepsilon_1 + \Delta F(1)\, m\varepsilon_{F(1)} \\ &\quad + \Delta F(2)\, m\varepsilon_{F(2)} + \Delta F(3)\, m\varepsilon_{F(3)} + \ldots, \\ &\qquad \{\Delta F(k) = F(k+1) - F(k)\}. \end{aligned}$$

De même

$$s > F(1)\, m\varepsilon_{F(1)} + \Delta F(1)\, m\varepsilon_{F(2)} + \Delta F(2)\, m\varepsilon_{F(3)} + \ldots.$$

Mais $\varepsilon_{F(k)} = E_k$, donc en posant

$$F(1)\, m\varepsilon_1 = A, \qquad F(1)\, mE_1 = B,$$

nous avons

$$(2) \qquad B + \sum_{k=2}^{\infty} \Delta F(k-1)\, mE_k < S < A + \sum_{k=1}^{\infty} \Delta F(k)\, mE_k, \quad \ldots.$$

De l'inégalité (2) il résulte le théorème suivant :

a. Si $S_1 = \sum_1^{\infty} \Delta F(k) mE_k$ converge, S converge; donc

$$(L) \int_E F[f(x)]\, dx \quad \text{existe.}$$

b. Si $(L)\int_E F[f(x)]\, dx$ existe, S converge; donc converge

$$S_2 = \sum_2^{\infty} \Delta F(k-1)\, mE_k.$$

Donc, nous avons deux conditions distinctes : une suffisante, l'autre nécessaire.

Il est naturel de trouver les conditions complémentaires à quoi doit satisfaire la fonction $F(n)$ pour que notre condition (a) soit aussi nécessaire. Pour cela, écrivons l'inégalité (2) de la forme suivante :

$$B+S_1-\sum_2^{\infty}\Delta_2 F(k-1)\,m E_k-\Delta F(1)\,m E_1<S<A+S_1 \quad [\Delta_2=\Delta(\Delta)],$$

ou, en posant

$$B-\Delta F(1)\,m E_1=C,$$

nous avons

$$(3) \qquad C+S_1-\sum_2^{\infty}\Delta_2 F(k-1)\,m E_k<S<A+S_1, \quad \ldots.$$

En appliquant la condition (b) à la fonction $\Delta F[f(x)]$, nous avons, si $(L)\int_E \Delta F[f(x)]\,dx$ existe, la série

$$S_3=\sum_2^{\infty}\Delta_2 F(k-1)\,m E_k \quad \text{converge.}$$

En vertu de cette remarque, nous avons la condition suivante, complémentaire pour $F(u)$.

I. Soit $a>0$, tel que, pour $u>a$, $\Delta F(u)<F(u)$. Nous savons donc que si $(L)\int_E F[f(x)]\,dx$ existe alors, $(L)\int_E \Delta F[f(x)]\,dx$ existe aussi. Donc de la convergence de la série s découle la convergence de s_3 et, par suite, à cause de l'inégalité (3), celle de s_1.

II. Comme cas particulier de la condition I, nous avons la suivante $\Delta F(u)<M$ (M = fixe); en particulier, cela aura lieu si $\Delta_2 F(u)<0$.

III. Si $f(x)$ est sommable, donc $\sum_{k=1}^{\infty} m E_k$ converge et de plus

$$|\Delta^2 F(u)|<M \qquad (M=\text{fixe}),$$

alors s_3 converge; donc de (3) découle que si s converge, alors s_1 converge aussi.

Nous avons donc le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Si la fonction croissante* $F(u)$ *satisfait à l'une des conditions* I, II *ou* III, *alors la condition nécessaire et suffisante pour l'existence de*

$(L)\int_E F[f(x)]\,dx$ *consiste en ce que la série* $\sum_{k=1}^{\infty}\Delta F(k)\,m E_k$ *soit convergente.*

Comme cas particuliers, nous avons :

$$F(u) = u^n \quad (n,\ \text{entier positif}) \qquad {}_1 = \sum_1^{\infty}[(k+1)^n - k^n]\,m E_k;$$

$$F(u) = a^u \quad (a,\ \text{entier positif}) \qquad s_1 = \sum_1^{\infty} a^k m E_k;$$

$$F(u) = u^u \qquad s_1 = \sum_1^{\infty}[(k+1)^{k+1} - k^k]\,m E_k.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques propriétés de la dérivée-limite.* Note de M. V. **Weniaminoff**, présentée par M. Émile Borel.

J'ai donné dans une Note précédente ([1]) une condition nécessaire et suffisante pour l'existence d'une dérivée-limite sur un ensemble de mesure positive.

La question qui se pose maintenant est de donner *une condition nécessaire et suffisante pour l'existence d'une dérivée-limite presque en chaque point du cercle* $|z| = 1$.

Le but de cette Note est de résoudre le problème posé, ainsi que les problèmes qui s'y rattachent.

Avant d'aborder ces questions, nous avons besoin de quelques définitions préliminaires.

Définition I. — *Nous dirons que le point* w_0 *de la frontière du domaine simple, simplement connexe* R *est atteint par un angle, si l'on peut construire un angle* > 0, *dont le sommet est au point* w_0, *et dont les côtés sont situés à l'intérieur du domaine* R.

Définition II. — *Nous dirons que la fonction* $f(z)$ *a une valeur* w_0 *en un point* z_0, $|z_0| = 1$, *s'il existe une limite* $f(z)$, *lorsque* z *tend vers* z_0 *le long d'un chemin quelconque situé à l'intérieur du cercle* $|z| \leq 1$ *et non tangent à la circonférence.*

Dans tout ce qui suit, nous supposons que la fonction $w = f(z)$ *réalise la représentation conforme du domaine* R *sur l'intérieur du cercle* $|z| \leq 1$.

1. Théorème. — *La condition cherchée consiste en ce que pour tout ensemble*

([1]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 114.

de points E, $E = \{\bar{z}\}, |\bar{z}| = 1$, Mes. $E > 0$, *il existe un autre ensemble* E_1, $E_1 \subset E$, Mes. $E_1 > 0$ *tel que l'ensemble de points* $C = f(E_1)$ *formé par la transformation de* E_1 *au moyen de la fonction* $f(z)$ *ait une longueur positive et finie* ([1]).

Il est évident, d'après les résultats de la Note précédente, que cette condition est *nécessaire*.

Voici les considérations par lesquelles on peut démontrer qu'elle est aussi *suffisante*.

Supposons que la longueur de l'ensemble $C = f(E_1)$ est positive. Soit, par impossible, $P(P \subset E_1$, Mes. $P > 0)$ l'ensemble parfait des points de $|z| = 1$ où la dérivée-limite de la fonction $f(z)$ n'existe pas.

On peut démontrer que la longueur de l'ensemble $C_1 = f(P)$ est nécessairement positive.

Deux cas sont possibles *a priori*, ou bien la longueur de l'ensemble des points de C_1 atteints par un angle quelconque est positive, ou bien la longueur de cet ensemble est nulle. Dans le dernier cas on peut construire dans R une fonction analytique uniforme $F(w)$ tendant vers zéro, quand w tend vers un point de C_1 par un chemin quelconque situé à l'intérieur de R. Considérons alors la fonction $F[f(z)]$. Cette fonction tend aussi vers zéro, quand z tend vers les points de P par des chemins quelconques, situés à l'intérieur du cercle $|z| < 1$, mais cela est impossible d'après un théorème de MM. Lusin et Privaloff ([2]).

Il reste à étudier le premier cas.

Or on peut démontrer que, dans ce cas, il existe une enveloppe pour R et, par conséquent, la dérivée-limite presque en chaque point de l'ensemble P, ce qui contredit à l'hypothèse.

2. Nous avons vu ([3]), que s'il existe une dérivée-limite sur un ensemble E, $E = \{\bar{z}\}, |\bar{z}| = 1$, Mes. $E > 0$, la transformation au moyen de la fonction $f(z)$ réalisant la représentation conforme de $|z| \leqq 1$ sur R, conserve nécessairement les angles aux points de $f(E)$ (si, bien entendu, la dérivée-limite n'est pas nulle aux points de E).

Soit R un domaine simple, simplement connexe et soit C l'ensemble de tous les points de la frontière de R, atteints par un angle quelconque. La question qui se pose est la suivante : *Quelle est la mesure de l'ensemble* E *des*

([1]) Sur la notion de longueur de l'ensemble, voir par exemple CARATHÉODORY, *Vorlesungen über reelle Functionen*, p. 274-289.

([2]) PRIVALOFF, *Intégrale de Cauchy* (Thèse russe), p. 39.

([3]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 114.

points de $|z| = 1$, *formé par la transformation de* C *au moyen de la fonction* $f(z)$, *réalisant la représentation conforme du domaine* R *sur l'intérieur du cercle* $|z| \leqq 1$?

On peut démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME. — *La mesure de* E *est nécessairement nulle, si la dérivée-limite de la fonction* $f(z)$ *n'existe pas presque en chaque point du cercle* $|z| = 1$.

Nous n'insistons pas ici sur la démonstration de ce théorème en remarquant seulement que l'on démontre d'abord la mesurabilité de l'ensemble C.

Ensuite on démontre que si cet ensemble se transforme sur $|z| = 1$ en un ensemble E′ de mesure positive, alors il existe toujours une enveloppe pour R et, par conséquent, la dérivée-limite de la fonction $f(z)$ presque en chaque point de E′, ce qui contredit l'hypothèse.

3. Si l'on analyse la définition de la dérivée-limite, on voit sans peine qu'elle contient deux passages à la limite. Or, si l'on néglige un certain ensemble de points de $|z| = 1$ de mesure nulle, on peut donner une définition identique à la définition de la dérivée-limite pour *les fonctions réalisant la représentation conforme des domaines simples simplement connexes sur l'intérieur de cercle* en n'employant qu'un seul passage à la limite. Voici comment on peut énoncer cette définition.

Soient z_0 un point de $|z| = 1$, L_1 et L_2 deux courbes situées à l'intérieur du cercle $|z| < 1$ formant un angle non nul au point z_0.

DÉFINITION NOUVELLE. — *Nous dirons que* $f(z)$ *a une dérivée-limite* $\psi(z_0)$ *au point* z_0, *si le rapport* $\frac{f(z_0+\Delta z)-f(z_0)}{\Delta z}$ *tend vers une limite* $\psi(z_0)$ *quand* $z_0 + \Delta z$ *tend vers* z_0 *tout en restant sur* L_1 *ou sur* L_2.

Cette définition est équivalente à la précédente (¹) (en négligeant un ensemble de mesure nulle) d'après le théorème suivant :

THÉORÈME. — *S'il existe sur un ensemble* E, $E = \{\bar{z}\}$, $|\bar{z}| = 1$, Mes. $E > 0$ *une dérivée-limite* (¹) $\varphi(\bar{z})$, *alors il existe toujours presque en chaque point de cet ensemble la dérivée* $\psi(\bar{z})$ *et cette dérivée est égale à la dérivée-limite et inversement.*

Nous n'avons démontré ce théorème que dans le cas où la fonction $f(z)$ réalise la représentation conforme du domaine simple, simplement connexe sur l'intérieur du cercle $|z| \leqq 1$.

Il serait intéressant de savoir si les deux définitions de la dérivée-limite sont *toujours* équivalentes.

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 114.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Reconstitution du moteur à explosion des frères Niepce de* 1806. Note (¹) de M. **P. Clerget**, présentée par M. Rateau.

Poursuivant des travaux sur les possibilités d'application aux moteurs des combustibles pulvérulents ou solides pulvérisés, j'ai eu la curiosité de rechercher quels étaient les moyens employés par divers expérimentateurs.

Les plus anciens paraissent être les frères Niepce, cités très succinctement dans divers ouvrages, tels que le Dictionnaire de Laboulaye, comme ayant fait fonctionner un bateau sur la Saône en 1806.

Grâce à l'obligeance de M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, j'ai pu prendre connaissance du rapport de Lazare Carnot et Berthollet lu à la séance de l'Académie du 15 décembre 1806.

Ce rapport remarquable démontre que ses auteurs ont eu la prévision de la supériorité du moteur à combustion interne. Il dit notamment : « dans l'appareil de MM. Niepce, aucune portion du calorique n'est dissipée d'avance; la force mouvante est un produit instantané et tout l'effet du combustible est employé à produire la dilatation qui sert de force mouvante. » Les rapporteurs citent des expériences auxquelles ils ont assisté où une machine simplifiée fonctionnait avec de la poussière de lycopode ou avec du charbon pulvérisé mélangé de résine.

Le Service technique de l'Aéronautique nous a chargé de reconstituer cette machine, en nous conformant aux documents originaux. Nous avons ainsi constaté qu'elle fonctionne parfaitement, soulevant un poids de 20^{kg} à 30^{cm} de hauteur, avec une charge de 5^{cg} de lycopode. Ce combustible donnant environ 7000^{cal} par kilogramme, le rendement, malgré la détente incomplète, est donc d'environ 4 pour 100, la machine étant froide.

Les frères Niepce provoquaient l'allumage au moyen d'une mèche, se rallumant à l'extérieur après chaque explosion. Pour la facilité de la démonstration, nous avons remplacé celle-ci par un fil chauffé électriquement, ce qui ne change pas le résultat.

(¹) Séance du 16 mars 1925.

Le brevet de la machine définitive leur fut délivré le 20 juillet 1808; ce document est conservé à l'Office National de la Propriété Industrielle. Les dessins comprenant les coupes, élévation et même une perspective, sont si complets que la reconstitution de cette machine peut être réalisée bien exactement.

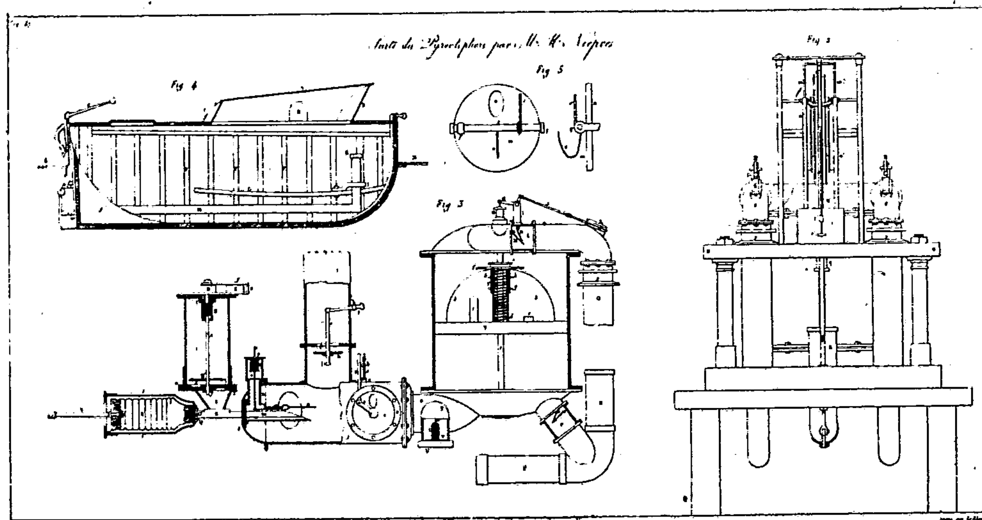
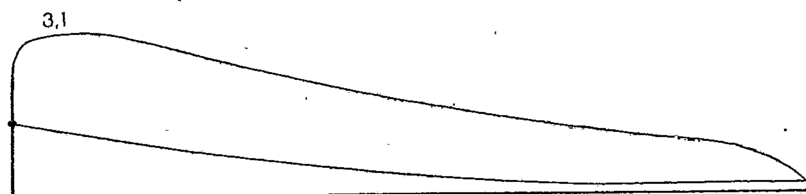


Fig. 3 : C, cylindre; *j*, chambre de combustion; *y*, tiroir d'allumage; I, soupape d'échappement; V, soupape d'aspiration; R, boîte d'injection; S, tiroir de distribution de combustible; *t*, réservoir de combustible pulvérisé; K, compresseur d'injection; Y, diaphragme; O, tuyautage d'évacuation à réaction. — Fig. 4 : Bateau; H, tuyaux de réaction.



Courbe relevée à l'indicateur sur la machine de Niepce.
Obtenue avec 10cg de poudre de lycopode.

De l'étude des moyens employés, il résulte, à notre avis, que l'on doit attribuer aux frères Niepce l'application des principes suivants :

1° L'emploi des combustibles pulvérulents dosés mécaniquement dans une boîte d'injection au moyen d'un distributeur rotatif;

2° L'injection du combustible dans une chambre de combustion à l'aide d'une chasse d'air comprimé;

3° L'action directe de l'explosion sur un fluide agissant par réaction pour la propulsion d'un bateau;

4° L'emploi d'accumulateurs d'énergie empruntant à la puissance de l'explosion ce qu'il faut pour actionner tous les auxiliaires nécessités par une machine à action directe.

Il y a lieu de remarquer que les paragraphes 1° et 2° montrent des antériorités manifestes aux brevets Diesel de 1892 et 1894 qui visaient l'usage de charbon pulvérisé, et que la chasse d'air comprimé constitue une véritable compression préalable. Si les frères Niepce ne l'ont pas forcée davantage, on peut penser que ce fut par crainte des dangers de rupture des pièces soumises à l'explosion. Les moyens d'exécution à cette époque ne permettaient pas, en effet, de faire des machines susceptibles de supporter de fortes pressions. Ils ont du reste essayé aussi le pétrole; les résultats douteux obtenus sont attribués, dans une lettre de Claude à Nicephore, à l'insuffisance de compression du grand soufflet (compresseur d'injection).

Nous donnons ci-contre la reproduction d'une des planches qui sont annexées au brevet Niepce de 1808; le diagramme a été relevé sur la machine reconstituée.

Remarques au sujet de la Note précédente.

Après avoir présenté cette Communication et effectivement fait fonctionner le modèle réduit de la machine Niepce avec de la poudre de lycopode ou avec du charbon pulvérisé mélangé de résine, M. **Rateau** ajoute :

Pour l'histoire du développement des sciences appliquées et, en particulier, des origines des différentes sortes de moteurs employés aujourd'hui, il était bien utile de tirer la réalisation remarquable des frères Niepce de l'oubli immérité dans lequel elle était tombée.

Ainsi, à la gloire d'être le premier inventeur de la photographie et de l'héliogravure, Nicephore Niepce ajoute celle d'avoir, avec son frère Claude, créé, dès 1806, le moteur à explosion; leur nom doit donc désormais être cité à ce propos avant même celui de Lenoir. Leur mérite est grand à divers points de vue. Ils sont, je pense, encore les seuls à nous avoir montré, par une machine ayant réellement fonctionné en donnant un effet utile, l'emploi

direct d'un combustible solide dans un cylindre moteur. Près d'un siècle plus tard, Diesel s'y est essayé, mais en vain.

Nous devons admirer aussi la perspicacité de ces inventeurs qui ont découvert le combustible idéal pour emploi dans les moteurs, cette poudre de lycopode, composée de spores très petites, de dimension régulière, qui brûlent rapidement sans laisser de résidu.

La récolte en est bien facile. S'il était possible, par le développement de la culture de la plante qui la donne, d'en obtenir de grandes quantités à un prix abordable, nous pourrions sans doute reprendre l'idée des Niepce, et, avec nos moyens actuels, réaliser d'excellents moteurs à explosion utilisant ce combustible pulvérulent.

HYDRODYNAMIQUE. — *Résistance à la marche de cylindres de révolution remorqués dans le sens perpendiculaire à leur axe.* Note de M. **Barrillon**, présentée par M. Laubeuf.

Quelques anomalies constatées dans la résistance à la marche de solides complètement immergés dans l'eau, en particulier l'observation de diminutions de résistance après introduction d'une discontinuité brusque dans la forme de leur surface, ont conduit à comparer la résistance à la marche de cylindres lisses et de cylindres striés suivant des génératrices. On sait que pour un cylindre lisse, la courbe des valeurs de $\frac{R}{V^2}$ en fonction de VD présente une discontinuité attribuable au passage d'un régime d'écoulement du fluide à un autre régime. Dans le cas des cylindres striés sur toute leur surface latérale, on a trouvé que cette discontinuité de la courbe des $\frac{R}{V^2}$ disparaissait. Il en est de même pour des cylindres présentant seulement deux stries latérales symétriques. Aux petites valeurs de VD la résistance d'un cylindre complètement ou partiellement strié peut ainsi être moindre que la résistance du cylindre lisse de mêmes dimensions. Aux grandes valeurs de VD la résistance des cylindres striés est plus grande que la résistance des cylindres lisses.

Dans cette étude, il a été constaté que les irrégularités des mesures étaient plus grandes que pour les mesures faites avec le même appareil et dans les mêmes conditions, sur des solides lisses de formes fines. La rigidité variable des systèmes de suspension pouvant être une cause d'irrégularité on a procédé à des essais dans lesquels un même cylindre pouvait être essayé

successivement à l'état lisse et avec deux stries. Les deux stries étaient incorporées à deux tiroirs tournants permettant d'alterner les essais sans stries et les essais avec stries, sans rien changer aux conditions de l'expérience.

Enfin il a été effectué des essais dans lesquels un frappeur actionné par un électro-aimant était enfermé à l'intérieur du cylindre. Pour les valeurs de VD inférieures à la valeur correspondant à la discontinuité de régime on constate que la résistance à la marche est beaucoup plus faible dans le cas où le frappeur est en action que dans le cas où le frappeur est maintenu au repos. On a opéré avec un cylindre de révolution en bois, verni extérieurement au tampon. Le diamètre est de 27^{cm}, la distance entre bases est de 60^{cm}. Pendant le remorquage, le cylindre est maintenu avec son axe vertical, la base supérieure étant à 32^{cm} au-dessous de la surface libre. On a exprimé les résistances R par la formule $R = KB^2V^2$ et terminé les valeurs de K suivantes :

	Frappeur en action.	Frappeur au repos.
VD = 0,23	16,8	36,0
VD = 0,24	16,8	35,9
VD = 0,25	16,7	35,6
VD = 0,26	16,6	35,3
VD = 0,27	16,5	34,7

Les expériences étaient faites dans de l'eau douce à 11°,8. La résistance à la marche peut donc être deux fois plus faible dans le cas du cylindre secoué par le frappeur que dans le cas du même cylindre sans frappeur.

L'état d'un solide se déplaçant dans une eau immobile produit donc un effet analogue à l'effet attribué à la turbulence de l'air dans les essais de soufflerie sur solide fixe. Pour une même valeur de la vitesse, l'agitation du solide permet de réaliser à volonté l'un ou l'autre des deux régimes d'écoulement.

ASTRONOMIE. — *Les amas sphériques. Le théorème des surfaces de niveau.* Note de M. **Lémeray**, présentée par M. L. Lecornu.

Les amas dont il s'agit sont les amas à densité moyenne constante. La théorie de la relativité permet de voir comment sont modifiés les résultats de la dynamique de Newton relatifs à ces systèmes.

L'élément de ligne qui leur convient est le suivant :

$$ds^2 = g_{11}\,dr^2 + g_{22}\,d\theta^2 + g_{33}\,d\varphi^2 + g_{44}\,c^2\,dt^2$$

avec

$$g_{44}=1+\frac{r^2}{a^2},\qquad g_{11}g_{44}=-1,\qquad g_{22}=r^2,\qquad g_{33}=r^2\sin^2\theta;$$

r désigne un paramètre radial; a, une constante proportionnelle à la densité. D'après une Communication antérieure [1], la courbure scalaire G est constante et positive : $G=\frac{12}{a^2}$. Une erreur de copie s'étant glissée dans les valeurs des symboles à trois indices de seconde espèce, je donne à nouveau ces valeurs en posant $\frac{r^2}{a^2}=\alpha$, $\alpha'=\frac{d\alpha}{dr}$:

$$\left\{\begin{matrix}12\\2\end{matrix}\right\}=\left\{\begin{matrix}21\\2\end{matrix}\right\}=\left\{\begin{matrix}13\\3\end{matrix}\right\}=\left\{\begin{matrix}31\\3\end{matrix}\right\}=\frac{1}{r},\qquad -\left\{\begin{matrix}11\\1\end{matrix}\right\}=\left\{\begin{matrix}14\\4\end{matrix}\right\}=\left\{\begin{matrix}41\\1\end{matrix}\right\}=\frac{1}{2}\,\frac{\alpha'}{1+\alpha},$$

$$\left\{\begin{matrix}44\\1\end{matrix}\right\}=\frac{1}{2}\alpha'(1+\alpha),\qquad \left\{\begin{matrix}32\\3\end{matrix}\right\}=\left\{\begin{matrix}23\\3\end{matrix}\right\}=\frac{\cos\theta}{\sin\theta},\qquad \left\{\begin{matrix}22\\1\end{matrix}\right\}=-r(1+\alpha),$$

$$\left\{\begin{matrix}33\\1\end{matrix}\right\}=-r(1+\alpha)\sin^2\theta,\qquad \left\{\begin{matrix}33\\2\end{matrix}\right\}=-\sin\theta\cos\theta.$$

On peut faire $\theta=\frac{\pi}{2}$; $d\theta=0$. (Si les dimensions de l'amas ne sont pas très grandes, on peut considérer r comme étant le rayon vecteur.)

En cherchant les conditions satisfaisant à la relation $\delta\int ds=0$, on obtient les relations

$$r^2\frac{d\varphi^2}{dt^2}=\frac{A^2c^4}{B^2r^2}\left(1+\frac{r^2}{a^2}\right)^2,\qquad r^2\frac{d\varphi^2}{dr^2}=\frac{A^2}{J},\qquad J=\frac{B^2}{c^2}r^2-\left(1+\frac{r^2}{a^2}\right)(A^2+r^2).$$

La première équation donne la loi du temps; la seconde fournit la trajectoire qui est une ellipse concentrique à la sphère limitant l'amas. A et B sont deux constantes arbitraires. On peut les remplacer par deux autres constantes R et R′, distances apocentre et péricentre,

$$A=\frac{RR'}{a},\qquad \frac{B^2}{c^2}=\left(1+\frac{R^2}{a^2}\right)\left(1+\frac{R'^2}{a^2}\right).$$

Si l'on prend la direction de R pour origine des angles, on peut mettre les équations finies sous les formes

$$\Theta r\sin\varphi=\sqrt{1+\frac{R^2}{a^2}}R'\sin\frac{ct}{a};\qquad \Theta r\cos\varphi=\sqrt{1+\frac{R'^2}{a^2}}R\cos\frac{ct}{a};$$

$$\Theta^2=\left(1+\frac{R^2}{a^2}\right)\sin^2\frac{ct}{a}+\left(1+\frac{R'^2}{a^2}\right)\cos^2\frac{ct}{a};$$

[1] E.-M. LÉMERAY, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 463.

qui permettent une comparaison immédiate avec les équations finies

$$r \sin\varphi = R' \sin \frac{ct}{a}; \qquad r \cos\varphi = R \cos \frac{ct}{a}$$

de Newton. La période est $T = \frac{2\pi a}{C}$ et a la même valeur que dans l'ancienne dynamique.

Surfaces isochrones. — Plusieurs mobiles partent simultanément d'un même point de paramètre R, avec des vitesses différentes et dans une même direction normale à la direction radiale. D'après la théorie newtonienne, ces mobiles se trouveront tous dans un même plan. Éliminant R'^2, on trouve des surfaces dont la méridienne est en coordonnées rectangulaires x, y :

$$x^2\left(a^2 + R^2 \sin^2 \frac{ct}{a}\right) = R^2(a^2 + y^2)\cos^2 \frac{ct}{a},$$

ce sont des hyperboloïdes de révolution à deux nappes, dans le cas considéré; leur face convexe est du côté du centre.

Une différence corrélative de cette dernière se manifeste. Dans la théorie de Newton, si deux mobiles décrivent l'un un cercle d'un mouvement uniforme, l'autre son diamètre, ce dernier, en passant au centre, a même vitesse que le premier; dans le cas einsteinien, la vitesse au centre est

$$v = \frac{cR}{a}\left(1 + \frac{R^2}{a^2}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

Cette vitesse est moindre. Cela se conçoit facilement; le mobile à mouvement diamétral prend, au début de son trajet, de l'avance sur l'autre; alors il n'est pas besoin qu'il ait, au centre, la même vitesse pour que la période soit la même.

Entre a et la densité moyenne ρ, on a la relation

$$\frac{4}{3}\pi\rho f a^2 = c^2 \qquad (f \text{ constante de Newton}).$$

Il est essentiel d'observer que tout ce qui vient d'être dit s'applique à la description faite par celui qui emploie les coordonnées r, θ, φ et t, c'est-à-dire qu'on parle des grandeurs théoriques au sens défini précédemment. Ces grandeurs auraient été qualifiées autrefois de réelles, absolues; si au contraire, on parle des grandeurs physiques observables, il faut faire la transformation nécessaire. La grandeur la plus importante est la vitesse.

Nous avons montré (¹) que, dans le cas du champ statique circumsolaire d'Einstein-Schwarzschild, si autour d'un point on mène des vecteurs proportionnels aux vitesses *observables localement* de divers mobiles ayant même constante d'énergie, mais passant dans des directions quelconques, le lieu des extrémités des vecteurs est une sphère tandis que pour les vitesses théoriques, on aurait un ellipsoïde.

Ce théorème n'est autre que celui des surfaces de niveau, applicable aux vitesses observables.

Or cette propriété s'applique encore rigoureusement au cas des amas qui vient d'être exposé. Elle est d'ailleurs d'application beaucoup plus générale.

Le fait que la solution newtonienne est tangente à celle qui vient d'être exposée confirme la validité de l'élément de ligne d'où nous sommes partis avec valeur positive de $\frac{r^2}{a^2}$ convenant à une densité et une courbure positives. D'un amas sphérique on ne peut conclure à l'univers considéré comme un tout suivant l'expression d'Einstein. Mais pour l'élément cosmique nous sommes parti (²) du même élément de ligne et à défaut d'autre preuve le résultat qui vient d'être obtenu confirmerait bien que $\frac{r^2}{a^2}$ doit être positif. Nous ne pouvons donc souscrire à l'hypothèse envisagée par de Sitter (³) et ceux qui s'en sont inspirés : car l'élément de ligne choisi par cet auteur diffère du précédent par une valeur négative de $\frac{r^2}{a^2}$.

PHYSIQUE CÉLESTE. — *Relation entre couleur et amplitude des étoiles variables et théorie balistique.* Note de M. **La Rosa**, présentée par M. Émile Borel.

MM. Ch. Nordmann et C. Le Morvan (⁴) ont attiré l'attention des savants sur un fait qui, à leur avis, serait incompatible — ou du moins inexplicable — avec ma théorie des étoiles variables, déduite du postulat de Ritz, au sujet de la vitesse de la lumière.

Ils rappellent que les variations de l'intensité lumineuse de certaines

(¹) Em. Lémeray, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1146.
(²) *Loc. cit.*
(³) Eddington, *The mathematical Theory of Relativity;* Cambridge, 1923, p. 155.
(⁴) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1139.

étoiles n'ont pas la même amplitude dans toutes les régions du spectre. Ainsi β Lyræ présente les changements suivants dans sa grandeur apparente : 0,66 dans le rouge; 0,94 dans le vert; 1,34 dans le bleu. Le changement de grandeur de δ Cephei présente la même allure. Et ils ajoutent : « Si la fluctuation lumineuse des étoiles à variation continue était due au mécanisme qu'invoque M. La Rosa, l'amplitude de la variation serait nécessairement la même dans toutes les régions du spectre lumineux. »

Je vais montrer qu'en tenant compte de tous les éléments, ma théorie explique ces faits intéressants de la manière la plus naturelle, tandis que je serais bien embarrassé d'en donner autrement une explication, par exemple par la théorie des occultations.

En effet, ma théorie suppose en premier lieu que toutes les variables doivent être des étoiles doubles (ou plus généralement multiples) (¹) et par conséquent il faut porter en ligne de compte soit la lumière émise par l'étoile tournante, le compagnon, soit la lumière émise par l'étoile principale.

Négligeant les fluctuations lumineuses que cette étoile peut donner à cause de son petit mouvement, et appelant I_r, I_v, I_b les intensités constantes du rayonnement rouge, vert, bleu envoyé par cet astre et i_r, i_v, i_b les intensités correspondantes données par le compagnon au moment du minimum, les changements du total de la lumière (des deux étoiles) nous seront donnés par les rapports

$$\frac{I_r + m i_r}{I_r + i_r}; \quad \frac{I_v + m i_v}{I_v + i_v}; \quad \frac{I_b + m i_b}{I_b + i_b}, \tag{1}$$

où m est l'amplitude de la variation de la lumière due au mouvement du compagnon et doit être *constante dans toute l'étendue du spectre*.

Ces rapports (1) seront en général différents; ils peuvent devenir égaux seulement dans le cas où

$$\frac{I_r}{i_r} = \frac{I_v}{i_v} = \frac{I_b}{i_b},$$

c'est-à-dire dans le cas où les deux étoiles auraient des *distributions spectrales* semblables, et ce cas là est très improbable, car il exige que l'étoile centrale et son compagnon aient *la même température*.

(¹) Cette hypothèse, dans le cas des variables dont il s'agit ici est une donnée des observations. Pour les variables à longue période, elle a reçu, tout récemment, une très belle confirmation par la découverte d'un compagnon de « Mira Ceti » faite à l'Observatoire de Mount Wilson.

En général, selon ma théorie, le rapport entre le maximum et le minimum de la grandeur apparente d'une variable dépendra donc de la couleur de la lumière utilisée pour les observations, ou plus exactement il sera une fonction de la fréquence de cette lumière.

Les considérations ci-dessus nous conduisent aussi à prévoir que les mêmes « variables » doivent nous présenter des changements périodiques dans la loi de répartition de l'énergie rayonnante dans le spectre. Voilà donc qu'il nous est permis, de cette façon, d'expliquer les changements du spectre qui, comme on l'a observé, accompagnent, pour certaines variables, les changements de l'intensité lumineuse.

Enfin je puis affirmer que le fait signalé par MM. Nordmann et Le Morvan, et celui du changement du spectre (1) viennent s'ajouter aux autres preuves de ma théorie, c'est-à-dire aux autres faits sur les « variables » déjà si nombreuses dont ma théorie donne une explication très simple et très naturelle (2).

Ces faits sont des preuves très solides du postulat balistique et lui donnent droit à l'attentive considération des cercles scientifiques.

PHYSIQUE. — *Détermination du coefficient de viscosité de l'eau en valeur absolue.* Note (3) de M. **Le Roux**, présentée par M. Brillouin.

J'ai entrepris de déterminer le coefficient de viscosité de l'eau *en valeur absolue* et aussi exactement que possible entre 0 et 50°.

Dans l'espoir d'obtenir une précision supérieure à celle donnée par le tube de Poiscuille, j'ai choisi pour ces mesures la méthode du cylindre malgré les difficultés pratiques que présente sa réalisation, difficultés qu'il est possible de surmonter.

L'appareil que j'employais a été entièrement construit par moi, j'en ai soigneusement vérifié toutes les pièces au cours de la construction et après achèvement.

(1) L'étude des changements périodiques de l'intensité lumineuse dans les diverses régions du spectre pourra nous conduire à la connaissance des températures des deux astres. C'est pourquoi la découverte de M. Nordmann me semble destinée à d'intéressantes applications.

(2) J'aime à rappeler qu'aux autres confirmations de ma théorie il faut ajouter la découverte des changements périodiques de la vitesse radiale de Mira.

(3) Séance du 12 janvier 1925.

Cet appareil avait comme dimension :

Diamètre du cylindre tournant	6^{cm} environ
Diamètre du cylindre suspendu....................	5 »
Hauteur du cylindre suspendu....................	5 »

Ces dimensions ont été mesurées avec une précision dépassant le $\frac{1}{100}$ de millimètre à l'aide d'une machine à diviser convenablement étalonnée.

La vitesse de rotation du cylindre tournant était de deux tours à la minute environ, elle était mesurée très exactement par inscription sur la bande d'un télégraphe Morse modifié dans ce but et qui inscrivait en même temps le mouvement d'un pendule donnant la seconde et le mouvement du cylindre tournant.

La concentricité des cylindres de garde et du cylindre tournant était réalisée par le mode de construction adopté.

Le centrage du cylindre suspendu était obtenu avec toute la précision désirable par un dispositif particulier fixé sur la tête de l'instrument ([1]).

L'uniformité de la température était assurée par un thermostat dont j'ai vérifié l'efficacité.

Les diverses mesures rapportées au mètre étalon, à la seconde, au gramme et à l'échelle normale de température ont été spécialement contrôlées.

Les nombres qui conduisent à η et les valeurs de η sont des moyennes d'expériences nombreuses faites dans des conditions différentes et à des époques très éloignées les unes des autres.

De toutes les constantes, la plus imparfaitement connue, le moment d'inertie du cylindre suspendu est encore probablement exacte à moins de $\frac{1}{500}$ près.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus ([2]) :

θ.	η.	θ.	η.
0	0,0178	30	$0,0082_0$
5	$0,0151_2$	35	$0,0074_0$
10	$0,0130_5$	40	$0,0067_5$
15	$0,0114_8$	45	$0,0061_7$
20	$0,0101_8$	50	0,0057
25	$0,0091_0$		

([1]) La construction et les réglages seront décrits dans un Mémoire détaillé.

([2]) Les valeurs de η à 0 et 50 sont obtenues par extrapolation, la première mesure ayant été faite à 1°,4 et la dernière à 45° environ. Pour les autres valeurs de η, le dernier chiffre est donné à titre d'indication.

Ces résultats sont en bon accord avec ceux de Thorpe et Rodger [1] obtenus par la méthode de Poiseuille mais sont certainement exacts à $\frac{1}{200}$, précision supérieure à celle obtenue par ces auteurs.

Il m'a été impossible de constater aucune anomalie de la viscosité au voisinage de 4°.

Enfin j'ai vérifié que la vitesse de rotation était sans influence sur la viscosité, en faisant des mesures à température constante avec des vitesses de rotation variables, et en ayant soin d'ailleurs de rester toujours très loin du régime tourbillonnaire : dans les limites de température où j'ai opéré, la viscosité de l'eau est restée indépendante de la vitesse à moins de $\frac{1}{200}$ près; avec cette approximation, on peut donc affirmer que l'eau ne possède pas de rigidité.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude à pression réduite du rayonnement émis par des corps très résistants que traverse un courant électrique.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai indiqué précédemment qu'un conducteur très résistant et de constitution hétérogène émet, quand un courant électrique le traverse, des radiations très absorbables. Les expériences avaient été faites dans l'air à la pression ordinaire [2]; elles ont été reprises à pression réduite dans l'air, le gaz carbonique et l'hydrogène : elles ont pour objet la mesure des coefficients d'absorption, par ces divers gaz, des radiations émises par nos cellules à rayonnement [3]; cette mesure a été faite de deux manières.

I. Soit I_0 l'intensité totale du rayonnement émis par la cellule; après avoir traversé une couche de gaz d'épaisseur a et à la pression p l'intensité prend la valeur I telle que

$$I = I_0 e^{-\mu a p},$$

μ étant le coefficient d'absorption; pour avoir ce coefficient il suffit donc de mesurer les valeurs de I sous deux pressions différentes mais voisines.

Après avoir traversé la couche de gaz d'épaisseur a le rayonnement

---

(1) Thorpe et Rodger, *Philos. Trans. Roy. Soc. London*, 185, Part II, A, 1894, p. 397 à 710.

(2) G. Reboul, *Journal de Physique*, 6e série, 3, n° 1, janvier 1922, p. 20; n° 10, octobre 1922, p. 341.

(3) G. Reboul et E. Bodin, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 37.

pénètre dans une chambre d'ionisation; si l'on admet que l'énergie du rayonnement absorbé sert toute entière à ioniser le gaz, des mesures de courants d'ionisation donnent des nombres proportionnels aux intensités I et la valeur du coefficient μ s'en déduit facilement.

Les valeurs ainsi trouvées varient peu avec la constitution chimique de la cellule, mais d'une manière considérable avec la pression de l'atmosphère gazeuse qui l'environne.

Voici, à titre d'exemple, les coefficients d'absorption obtenus dans l'air à pressions diverses avec une cellule à oxyde de mercure; la tension aux bornes était de 680 volts dans le cas des pressions les plus élevées et de 500 volts dans celui des pressions plus basses. La distance séparant la cellule de la chambre d'ionisation était $4^{mm},3$.

Coefficients d'absorption par l'air (centimètre-atmosphère).	Pression (centimètres de mercure).
20	70
25	60
37	45
58	34
84	21
116	12
174	6

Ces résultats montrent que le rayonnement émis est formé par des radiations de longueurs d'ondes différentes comme celles d'un spectre continu ou d'un spectre de bandes; aux diverses radiations correspondent des coefficients d'absorption différents. Si la pression est relativement élevée les radiations les moins pénétrantes sont absorbées par la couche d'air *a* qui se trouve entre la cellule et la chambre d'ionisation, elles ne pénètrent donc pas dans celle-ci et l'on ne mesure que le coefficient d'absorption des radiations les plus pénétrantes. Quand la pression diminue, la distance à laquelle les radiations plus absorbables étendent leur action, augmente; elles peuvent à leur tour pénétrer dans la chambre d'ionisation et les valeurs obtenues pour les coefficients d'absorption sont plus grandes.

Si l'on fait croître l'épaisseur *a* de la couche gazeuse qui sépare la cellule de la chambre d'ionisation, les radiations les plus absorbables atteignent plus difficilement la chambre d'ionisation; aussi l'expérience donne-t-elle des valeurs du coefficient d'absorption de plus en plus faibles à mesure que *a* augmente, les autres conditions restant naturellement les mêmes.

Si l'on augmente la tension aux électrodes de la cellule, on trouve, dans

les mêmes conditions, que les valeurs des coefficients d'absorption diminuent, d'ailleurs faiblement, mais d'une manière suffisamment nette pour qu'on puisse en conclure que l'augmentation de la tension aux bornes de la cellule fait apparaître des radiations plus pénétrantes.

II. Les coefficients d'absorption ont été aussi mesurés en opérant à pression constante et en faisant varier l'épaisseur b des couches gazeuses soumises au rayonnement dans la chambre d'ionisation.

Soit I_∞ l'intensité du rayonnement à son entrée dans la couche de gaz absorbant, son intensité à la sortie est égale à $I_\infty\, e^{-\mu b p}$ de sorte que la quantité absorbée correspond à I telle que

$$I = I_\infty (1 - e^{-\mu b p}).$$

La mesure du courant d'ionisation donne des valeurs proportionnelles à l'énergie absorbée, par conséquent à I; il suffit donc de faire deux mesures pour des épaisseurs b différentes, l'on en déduit la valeur de μ à la pression p correspondante.

Les valeurs ainsi trouvées pour les coefficients d'absorption augmentent quand la pression diminue, elles diminuent légèrement quand la tension à la cellule croît et sont d'autant plus petites que les couches b sont plus épaisses ou plus éloignées de la cellule.

Cette dernière méthode donne en général pour μ des valeurs plus petites que celles que l'on obtient avec la première; il faut remarquer que la première méthode permet d'atteindre plus facilement des radiations qui restent confinées dans le voisinage de la cellule, tandis que la deuxième fait intervenir l'action des radiations plus pénétrantes.

III. Dans les conditions où nous avons opéré, le rayonnement émis est formé de radiations dont les coefficients d'absorption par l'air sont de 8 ou 9 pour les plus pénétrantes et peuvent s'élever jusqu'à 500 pour les plus absorbables.

Les expériences faites avec l'hydrogène et le gaz carbonique amènent à conclusions analogues.

Si l'on compare les résultats obtenus dans l'air et l'hydrogène et ceux qu'ont donnés de nouvelles mesures faites avec le celluloïd, aux valeurs trouvées par M. Holweck [1], on est amené à conclure que les radiations émises par les corps résistants forment un spectre continu et que leurs longueurs d'onde s'échelonnent de quelques centaines à une vingtaine d'Angs-

[1] HOLWECK, *Thèse de doctorat*, Paris, 1922.

tröms; ce spectre s'étend vers les radiations de courte longueur d'onde quand la tension aux bornes de la cellule augmente.

Ces conclusions sont confirmées par une série d'expériences d'un ordre différent.

MAGNÉTISME. — *Les divers états magnétiques d'un ion.* Note de M. G. **Foëx**, présentée par M. A. Cotton.

Les faits résumés ci-dessous montrent que deux échantillons d'un sel bien défini au point de vue chimique, placés dans des conditions identiques, peuvent présenter des propriétés magnétiques très différentes paraissant correspondre à des structures distinctes de l'ion paramagnétique qu'ils renferment.

Cette diversité des états magnétiques, déjà connue dans le cas des sels dissous (1), n'a pas encore été signalée de façon explicite pour des sels cristallisés.

I. Dans les solutions concentrées de sulfate ferreux ammoniacal (sel de Mohr), étudiées à l'abri de l'air, l'ion $Fe^{\cdot\cdot}$ peut prendre l'un des quatre états magnétiques suivants :

26 magnétons avec un champ moléculaire positif;

26,5 avec un champ moléculaire sensiblement nul;

27 et 27,5 avec un champ moléculaire négatif.

Les mesures permettent de répondre du dixième de magnéton.

Des expériences effectuées en 1913 sur le même sel à l'état solide, cristallisé avec $6H^2O$, m'avaient mis en présence de la variété à 26 magnétons.

Elle possède un champ moléculaire positif comme en solution, mais plus intense; une anomalie cryomagnétique importante se manifeste au-dessous de 100° abs. par une croissance du coefficient d'aimantation d'abord plus lente et ensuite plus rapide que ne l'exige la loi $\chi(T-\theta)=C$.

Dans deux séries d'observations indépendantes sur le sel à $6H^2O$, Kamerlingh Onnes et Oosterhuis (2) d'une part, Jackson (3) d'autre part, ont rencontré la variété à 27,5. Leurs résultats sont très concordants : à l'état solide cette variété ne possède plus qu'un champ moléculaire extrême-

(1) G. Foëx, *Ann. de Phys.*, 9e série, **16**, 1921, p. 174.

(2) Résultats publiés par Jackson (*Phil. Trans. Roy. Soc.*, série A, **224**, 1923, p. 1).

(3) L.-C. Jackson, *Phil. Trans.*, série A, **224**, 1923, p. 1.

ment faible, l'anomalie cryomagnétique a disparu, la loi $\chi(T - \theta) = C$ s'applique jusqu'à 14° abs.

Les anomalies cryomagnétiques, dans le cas d'une poudre cristalline, sont dues à l'existence simultanée d'un champ moléculaire anisotrope et d'actions cristallines qui tendent à maintenir les atomes orientés par rapport au réseau (¹).

L'existence du champ moléculaire et celle de l'anomalie dans le sel à 26 sont donc deux faits connexes qui, observés tous deux dans cette variété, la distinguent de l'autre (à 27,5) de façon beaucoup plus complète que ne pourraient le faire de simples différences numériques entre les valeurs des moments.

II. Le sulfate de cobalt anhydre obtenu par déshydratation à chaud du sulfate hydraté, présente, lui aussi, au moins deux variétés magnétiques.

Le sulfate étudié par Théodoridès (²) entre la température ordinaire et 550°, possède 25 magnétons avec un champ moléculaire négatif. Aux basses températures le sel à 25 a été observé par Ishiwara (³) et par Jackson (⁴) dont les mesures sont concordantes. L'existence du sel à 25 ne peut donc faire aucun doute.

Honda et Ishiwara (⁵) ont rencontré, dans le même intervalle de température que Théodoridès, une variété à 24 magnétons avec un champ moléculaire positif très faible. A l'appui de l'existence de cette variété à 24, on peut citer encore une valeur numérique du coefficient d'aimantation déterminée à température ordinaire par Weiss et Foëx (⁶). Cette valeur

$$\chi = 58,6.10^{-6} \quad \text{à } 20^\circ,$$

relative à une température unique, ne permet pas le calcul du nombre de magnétons; mais sa comparaison avec le nombre correspondant obtenu par Théodoridès (dont les mesures absolues sont assez sûres) :

$$\chi = 63,2.10^{-6} \quad \text{à } 20^\circ,$$

(¹) Ce système d'explication, publié en 1921 (G. Foëx, *loc. cit.*), s'est trouvé entièrement d'accord dans ses conséquences avec les résultats expérimentaux obtenus plus tard par Jackson aussi bien pour les cristaux orientés que pour les poudres isotropes par compensation.

(²) P. Théodoridès, *J. de Phys.*, 6ᵉ série, **3**, 1922, p. 1.

(³) T. Ishiwara, *Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, **3**, 1914, p. 303.

(⁴) Jackson, *loc. cit.*

(⁵) *Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, **4**, 1915, p. 215.

(⁶) P. Weiss et G. Foëx, *J. de Phys.*, 5ᵉ série, **1**, 1911, p. 274.

permet d'affirmer qu'il s'agit bien de deux états magnétiques distincts. L'écart des deux nombres est en effet trop grand pour pouvoir être attribué à des erreurs d'expérience ou à des impuretés contenues dans le sel.

Ne sachant pas reproduire à volonté l'un ou l'autre état magnétique du sel on n'a pas pu jusqu'ici rechercher de façon efficace si le changement des propriétés magnétiques entraîne des variations dans d'autres propriétés physiques. Une indication dans ce sens est fournie par le fait que plusieurs sels de fer, nickel, cobalt, n'ont, en solution alcoolique, ni les mêmes propriétés magnétiques ([1]), ni le même spectre d'absorption ([2]) qu'en solution aqueuse.

Les divers états magnétiques d'un sel solide diffèrent à la fois par la grandeur du moment atomique et par la valeur ou même le signe de la constante n du champ moléculaire. Le mécanisme qui donne naissance au champ moléculaire paraît donc lié à celui qui produit le moment atomique.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Action de l'acide borique sur le pouvoir rotatoire de l'acide malique et des malates.* Note de M. E. **Darmois**, présentée par M. A. Cotton.

L'action exercée par l'acide borique sur le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique a été découverte par Biot en 1835. Dans une série de recherches qui s'étendent sur une période de plus de 20 années (1835-1860), le célèbre physicien a essayé d'élucider les phénomènes dont les systèmes ternaires eau-acide borique-acide tartrique sont le siège. Il signale que Pasteur a observé une action de l'acide borique sur l'acide malique; les recherches de Pasteur sur ce sujet n'ont jamais été publiées. Biot reconnut que les combinaisons devaient se faire d'une façon variable avec la concentration (influence des masses et hydrolyse); il supposa toutefois des combinaisons avec le dissolvant; l'idée, aujourd'hui classique, d'équilibres en milieu homogène, n'était pas encore familière aux physiciens de cette époque.

Grossmann et Wieneke ([3]) ont repris plus tard les expériences de Biot en étudiant, pour la raie D et à diverses températures, l'activité optique de

([1]) Qartaroli, *Gazz. chim. ital.*, 2e série, 44, 1914, p. 43.

([2]) Jones, *Hydrates in aqueous solutions*, *Carnegie Institution Publication* n° 60, 1900, p. 248, pl. 27.

([3]) *Zeits. f physik. Chem.*, 54, 1906, p. 385.

mélanges, en proportions moléculaires variables : 1° des acides tartrique et borique; 2° du tartrate acide de sodium et de l'acide borique; 3° de l'acide malique et du malate d'ammonium avec l'acide borique. Ils concluent à l'existence d'acides complexes monotartroborique, monomaloborique et peut-être ditartroborique. Ces complexes n'ont pas été isolés. La conclusion des auteurs ne résulte pas directement de leurs mesures, mais plutôt de la conviction que l'acide borique est analogue à l'acide antimonieux qui donne, comme on sait, un monotartroantimonite de potassium bien défini (émétique) [1]. Il m'a semblé que la question méritait d'être reprise par les méthodes que j'ai appliquées à l'étude des complexes de l'acide molybdique et de l'acide malique. La présente Note contient quelques-uns des résultats obtenus pour les mélanges d'acide borique et d'acide malique.

On prépare une série de mélanges $C^4H^6O^5 + nBO^3H^3$ où n a pris les valeurs 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4, 5, 8. On étudie ensuite la neutralisation d'un de ces mélanges par NH^3 ou $NaOH$ en mesurant l'activité optique des solutions contenant, dans le même volume, une quantité donnée du mélange acide et une quantité variable de base. Les mesures ont été faites pour les trois radiations du mercure : jaune (5780), verte (5461), indigo (4358). Dans les tableaux suivants nous donnons quelques nombres ainsi obtenus pour l'ammoniaque. α_I désigne la rotation (sous 2 ou 4^{dm}) pour la raie indigo. La concentration est $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{8}$ moléculaire en acide malique. x désigne le quotient du nombre des molécules de base par le nombre des molécules d'acide malique et ρ le rapport de dispersion $\frac{\alpha_{4358}}{\alpha_{5780}}$. Enfin $[\alpha]_I$ est le pouvoir rotatoire spécifique, calculé dans l'hypothèse où il se forme un composé dont le poids est égal à la somme des poids des corps mis en solution.

$n = 0$ (Acide malique pur). Concentration $\frac{M}{2}$. $\alpha_2 dm$.

x.......	0	0,28	0,56	0,84	1,0	1,25	1,57	1,78	2,10	3,14
α_I.......	−0,24	−0,64	−1,05	−1,48	−1,70	−1,95	−2,08	−2,11	−2,12	−2,11
$(\alpha)_I$.....	−1,83	−4,70	−7,48	−9,46	−10,75	−11,9	−12,3	−12,3	−11,9	−10,7
ρ.......	0,775	1,165	1,36	1,395	1,48	1,46	1,43	1,40	1,39	1,40

$n = \frac{1}{3}$. Concentration $\frac{M}{2}$. $\alpha_2 dm$.

α.......	0	0,235	0,47	0,705	1,175	1,645	2,115	2,35	2,82	″
α_I.......	−0,88	−1,44	−1,99	−2,21	−2,59	−2,23	−1,07	−1,17	−1,34	″
$(\alpha)_I$.....	−5,70	−9,10	−12,3	−13,3	−14,85	−12,2	−5,72	−6,02	−6,62	″
ρ.......	1,42	1,62	1,70	1,66	1,63	1,47	1,115	1,125	1,185	″

[1] Une bibliographie plus complète paraîtra ailleurs.

$n = 1$. Concentration $\frac{M}{2}$. $\alpha_2 dm$.

x	0	0,235	0,47	0,94	1,284	1,50	1,88	2,115	2,35	2,82
α_1	−1,09	−1,72	− 2,34	− 2,76	− 2,34	− 1,86	− 0,18	+ 0,38	− 0,22	− 0,61
$(\alpha)_1$	−5,56	−8,6	−11,5	−13,0	−10,7	− 8,4	− 0,81	+ 1,64	− 0,93	− 2,50
ρ	1,47	1,70	1,80	1,745	1,67	1,49	0,46	"	0,43	0,90

$n = 2$. Concentration $\frac{M}{2}$. $\alpha_2 dm$.

x	0	0,235	0,47	0,94	1,175	1,41	1,88	2,115	2,35	2,82
α_1	−1,31	−1,86	− 2,33	− 2,65	− 2,42	− 1,93	+ 0,17	+ 1,00	+ 0,55	− 0,06
$(\alpha)_1$	−5,05	−7,1	− 8,75	− 9,70	− 8,72	− 6,85	+ 0,59	+ 3,40	+ 1,85	− 0,20
ρ	1,55	1,705	1,79	1,765	1,68	1,58	"	5,25	"	0,14

$n = 4$. Concentration $\frac{M}{8}$. $\alpha_2 dm$.

x	0	0,505	0,83	1,01	1,34	1,56	1,70	2,01	2,35	2,74	3,36
α_1	−0,40	−1,06	−1,10	−0,92	−0,62	−0,19	+0,26	+0,87	+0,69	+ 0,45	+0,13
$(\alpha)_1$	−2,10	−5,42	−5,52	−4,6	−3,87	−0,95	+1,26	+4,23	+3,26	+ 2,10	+0,6
ρ	1,43	1,82	1,72	1,67	1,44	0,865	"	3,00	3,63	11,25	"

L'inspection des nombres de ces tableaux montre nettement l'existence de complexes lévogyres et dextrogyres. Les premiers sont stables dans les solutions nettement acides; leur stabilité augmente (croissance de la rotation brute) quand on augmente la proportion d'acide borique; l'hydrolyse diminue. Les valeurs calculées pour $[\alpha]_1$ montrent que le maximum de pouvoir rotatoire est atteint pour n compris entre $\frac{1}{3}$ et $\frac{1}{2}$ et $x = 1$.

Ces composés se présenteraient comme des combinaisons du malate acide d'ammonium avec $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{3}$ de molécule d'acide borique. Leur dispersion rotatoire est voisine de 1,80.

Les courbes de α en fonction de x présentent, jusqu'à $n = 4$, un point anguleux pour $x = 2$. Les composés dextrogyres seraient donc des combinaisons du malate neutre d'ammonium avec au moins 4 molécules d'acide borique. La dispersion rotatoire minima observée est de l'ordre de 3, ce qui indique nettement que les complexes droits sont fortement hydrolysés avec formation de malate d'Am. Les mesures pour $n > 4$, effectuées avec la soude, montrent que le point anguleux de la partie dextrogyre se produit pour $x > 2$. En rapprochant ce fait de ceux observés pour l'acide molybdique, on en déduit que les composés droits doivent correspondre à $n = 4$, soit à la combinaison d'une molécule de borax avec une d'acide malique. On peut vérifier directement que le borax ajouté en proportions

croissantes à l'acide malique, donne des rotations d'abord gauches, puis droites.

Des essais d'isolement des complexes ainsi prévus sont en cours; ils m'ont déjà permis de préparer les sels lévogyres d'ammonium, de sodium et d'aniline. Ces composés, bien cristallisés, seront décrits ailleurs. La préparation des complexes dextrogyres paraît plus difficile, ces composés n'étant stables que dans des conditions données de concentration.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Microphotomètre enregistreur à cellule photo-électrique*. Note de MM. **P. Lambert** et **D. Chalonge**, présentée par M. A. Cotton.

On ne peut employer à des mesures photométriques précises une cellule photo-électrique dont on amplifie le courant avec une lampe à 3 ou

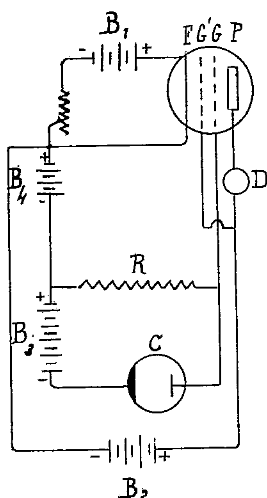


Fig. 1.

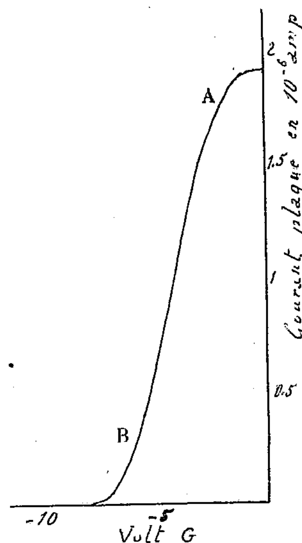


Fig. 2.

à 4 électrodes qu'à condition de prendre des précautions spéciales. En effet le courant filament-plaque n'est généralement pas assez stable et ses variations ne sont pas proportionnelles à celles du faisceau lumineux qui tombe sur la cellule. Nous sommes parvenus à réaliser ces deux conditions de stabilité et de proportionnalité en apportant quelques modifications au dispositif de MM. Ferrié, Jouaust et Mesny (1).

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1117.

Le montage que nous employons est représenté schématiquement sur la figure 1. Pour que le courant filament-plaque soit stable il faut que la tension plaque et le courant de chauffage restent faibles. Nous avons adopté la lampe à deux grilles afin de pouvoir abaisser le plus possible la tension plaque. La grille intérieure G′ et la plaque P sont portées au potentiel commun de 13 volts par la batterie B_2. Le courant de chauffage du filament, qui est produit par une batterie B_1 de grande capacité, ne dépasse pas 0,22 ampères.

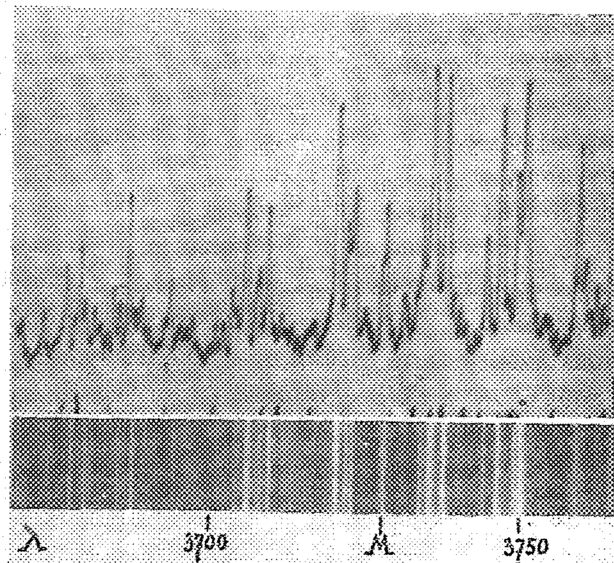


Fig. 3.

La partie rectiligne AB (*fig.* 2) de la caractéristique du courant filament-plaque de la lampe fonctionnant sous ce régime, correspond tout entière à des voltages négatifs de la grille extérieure G. Il est nécessaire d'utiliser cette partie de la courbe pour qu'il y ait proportionnalité entre le courant filament-plaque et celui de la cellule. Pour arriver à ce résultat nous faisons varier le potentiel de la grille G de la façon suivante : nous fermons le circuit de la cellule qui comprend une batterie de 120 volts B_3 sur une très grande résistance R (200 mégohms environ) et nous intercalons entre F et G cette résistance et une pile B_4 qui abaisse le potentiel de l'origine de la résistance. Dans ces conditions, lorsque l'éclairage augmente peu à peu à partir de zéro, le point figuratif (*fig.* 2) part de A et descend la partie

rectiligne de la courbe. La résistance R est réglée de telle sorte qu'il arrive en B lorsque l'éclairage que l'on doit utiliser est maximum. Le courant filament-plaque est mesuré par le galavanomètre D (Chauvin et Arnoux, modèle ordinaire).

Cet amplificateur s'est montré d'une fidélité et d'une commodité d'emploi suffisantes pour pouvoir être utilisé dans un microphotomètre enregistreur dont nous avons construit un premier modèle. L'image brillamment éclairée d'une fente fine est projetée sur un cliché du spectre à étudier, et ce cliché se déplace d'un mouvement de translation perpendiculairement au faisceau lumineux de façon que ses différents points soient successivement éclairés. La lumière qui le traverse est concentrée sur la cathode de la cellule. Le spot du galvanomètre se forme sur une feuille de papier photographique (ou sur une plaque), qui se déplace perpendiculairement au mouvement du spot. Le déplacement de la feuille est proportionnel à celui du cliché (huit fois plus rapide).

Pour juger du bon fonctionnement de l'appareil, nous avons étudié un coin photométrique et nous avons constaté que le courant amplifié était sensiblement proportionnel à l'intensité lumineuse. En collaboration avec M. Déjardin, nous avons étudié ensuite un cliché du spectre ultraviolet du Soleil, fait, en août 1924, à l'Observatoire Vallot. La figure 3 représente l'enregistrement d'une partie de ce cliché : Ses particularités se trouvent fidèlement reproduites sur la courbe. Pour faciliter la comparaison, une photographie de cette région du spectre agrandie huit fois a été placée au-dessous de la courbe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'ammoniac sur la cyanamide*. Note de M. A. Couder, présentée par M. Henry Le Chatelier.

I. Au cours d'une étude sur les réactions de la cyanamide (CN^2H^2) en solution dans l'ammoniac liquide, j'ai observé le fait suivant. Si l'on fait passer, à la température ordinaire, un courant de gaz ammoniac sec sur des cristaux de cyanamide, le gaz est énergiquement absorbé avec dégagement de chaleur. On obtient un produit liquide, incolore ou très légèrement jaune.

On peut supposer qu'il se forme une combinaison définie, cyanamide d'ammonium ou ammoniacale. L'analyse thermique du système permettrait une conclusion nette, mais son application ici paraît très difficile, le produit

ne pouvant être manipulé qu'en tube scellé. Aussi bien cette méthode ne se prêterait-elle pas aux mesures rapides qui sont ici nécessaires.

II. Le système, en effet, évolue en fonction du temps. Si on l'enferme dans des tubes scellés munis de manomètres à air comprimé et maintenus à une température constante (0°), on voit la pression croître et tendre asymptotiquement vers une valeur limite, deux ou trois fois supérieure à sa valeur initiale, qui est pratiquement atteinte après un temps de l'ordre de 20 jours.

Au terme de son évolution, le système est constitué dans le cas le plus général par trois phases : des cristaux de dicyandiamide ; une solution saturée de dicyandiamide dans l'ammoniac liquide ; enfin une atmosphère de gaz ammoniac.

III. En raison de la lenteur de cette transformation, il est possible, à la condition d'opérer rapidement, d'étudier les variations de l'état initial du système en fonction de la température et de la pression. Le tableau suivant indique la température t à laquelle un mélange de composition m donnée (en pour 100 de NH^3) a pour tension de dissociation 1^{atm}.

m...	20.	25.	30.	35.	40.	45.	50.	60.	100.
t...	+34°,5	+24°,7	+15°,1	+6°,2	−2°,3	−10°,7	−16°,6	−24°,3	−33°,6

En cherchant la loi de variation de la pression d'ammoniac en fonction de la température pour plusieurs mélanges de composition déterminée, j'ai obtenu un réseau de courbes qui ne m'a paru offrir aucune singularité.

IV. J'ai fait une étude ébullioscopique du système initial par une méthode différentielle. L'une des deux soudures d'un couple thermo-électrique constantan-argent était plongée dans l'ammoniac pur bouillant, l'autre dans la solution étudiée. Une différence de température de 1° correspondait à un déplacement du spot de l'ordre de 200^{mm}, mais ses positions d'équilibre n'étaient pas définies à moins de une ou deux divisions près. Le corps dissous était soit de la cyanamide, soit de la dicyandiamide. L'expérience a montré qu'une concentration deux fois plus forte de ce dernier corps était nécessaire pour produire la même élévation du point d'ébullition (précision 1 à 2 pour 100). Il n'existe donc pas de dicyandiamide dans une solution fraîchement préparée ammoniacale de cyanamide. Pour assister à sa formation graduelle, il faut augmenter la durée de l'expérience, ce qui est facile dans le cas des mesures tonométriques.

Par cette dernière méthode [1] on a trouvé que la polymérisation est

[1] La valeur du coefficient tonométrique (1,07 à 0°) qu'on calcule à partir de la densité de vapeur de l'ammoniac donnée par les tables est en parfait accord avec les résultats observés : il s'est trouvé que l'écart n'excédait pas $\frac{1}{100}$ en valeur relative.

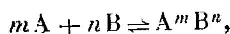
pratiquement complète après un temps de l'ordre du mois, dans la glace fondante. Ainsi s'explique le résultat de l'expérience indiquée au paragraphe II.

V. Rien, au contraire, ne permettait de prévoir le fait suivant. Si l'on chasse l'ammoniac d'une solution ammoniacale fraîchement préparée de cyanamide, dans laquelle l'ébullioscopie montre l'absence de polymérisation, on obtient toujours un résidu de dicyandiamide pure. Ce résultat peut être interprété en supposant la formation d'une combinaison ammoniacale de la cyanamide, dont la dissociation donne directement naissance — d'une manière irréversible — au dimère de la cyanamide dont la chaleur de formation est supérieure à celle de la cyanamide elle-même.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrographique de la formation des complexes en solution et de leur stabilité.* Note (¹) de M. **P. Job**, présentée par M. Georges Urbain.

Soient deux corps A et B dont les solutions peuvent, par leur mélange, former un composé d'addition $A^m B^n$ en équilibre avec ses constituants. Il est facile de déterminer la formule de ce complexe et la constante d'équilibre de la réaction qui lui donne naissance, si l'on peut mesurer la concentration de l'un des trois constituants, A, B ou $A^m B^n$ du mélange. Mais supposons cette mesure impossible. Préparons une solution de A à la concentration moléculaire Γ, et une solution de B à la concentration Γ', que nous poserons égale à $p\Gamma$. Mélangeons ces deux solutions de manière que la proportion, en volume, de la première soit $1-x$, celle de la seconde étant x, et cherchons pour quelle valeur de x la concentration Z du complexe est la plus grande. Nous appellerons mélange maximum et composition maxima, le mélange correspondant et sa composition.

Soient C_A et C_B les concentrations moléculaires de A et B dans le mélange, et k la constante d'équilibre de la réaction



$$mA + nB \rightleftharpoons A^m B^n,$$

on a

$$C_A^m C_B^n = kZ, \tag{1}$$

$$C_A + mZ = \Gamma(1-x) \tag{2}$$

(¹) Séance du 9 mars 1925.

et

$$(3) \qquad C_B + nZ = p\Gamma x.$$

Pour trouver la composition maxima, il suffit de dériver ces trois équations par rapport à x, en tenant compte de la condition $\frac{dZ}{dx} = 0$. On obtient ainsi les trois nouvelles équations :

$$(4) \qquad mC\,\frac{dC_A}{dx} + n\,C_A\,\frac{dC_B}{dx} = 0,$$

$$(5) \qquad \frac{dC_A}{dx} = -\Gamma,$$

$$(6) \qquad \frac{dC_B}{dx} = p\Gamma.$$

L'élimination entre les six équations précédentes, des cinq quantités, C_A, $\frac{dC_A}{dx}$, C_B, $\frac{dC}{dx}$ et Z donne la relation cherchée :

$$(7) \qquad \frac{\Gamma^{m+n-1}\,p^{n-1}}{m^{n-1}\,n^{m-1}\,(p-1)^{m+n-1}}[pm+n)x-n]^{m+n} = k[n-(m+n)x].$$

On voit que la compositon maxima dépend, en général, des concentrations des deux solutions employées. Cette composition n'est constante que si l'on est parti de *solutions équimoléculaires* des deux constituants $(p = 1)$; elle correspond alors à la formule même du complexe $\left(x = \frac{n}{m+n}\right)$, quelle que soit là valeur de la constante d'équilibre k (¹). Dans tous les autres cas, la composition du mélange maximum dépend des concentrations choisies, elle dépend aussi de la valeur de k et *sa détermination permet la mesure de cette constante* (²).

Pour obtenir la formule du complexe et mesurer sa stabilité, il suffit donc de savoir déterminer la composition maxima lorsque l'on mélange soit des solutions équimoléculaires de A et B, soit des solutions à des concentrations différentes. On peut suivre, à cet effet, les variations d'une propriété physique de ces mélanges en fonction de leur composition. Mais, pour que les résultats soient d'une interprétation facile, il est nécessaire

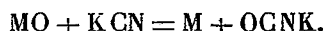
(¹) Ce résultat était déjà connu (CHAUVENET, G. URBAIN et P. JOB, *Société de Chimie physique*, Procès-verbal de la séance du 11 juin 1913). — G. URBAIN et CORNEC, *Bulletin de la Société chimique*, 25, 1919, p. 215).

(²) On traiterait de même le cas, plus général, où la formation du complexe s'écrirait $mA^{\alpha} + nB^{\beta} \rightleftharpoons qA^{s}B^{t}$, on aboutirait aux mêmes conclusions, la formule (7) étant un peu plus compliquée.

que la propriété choisie ne dépende, dans la solution, que de la concentration du complexe, ou qu'elle soit additive par rapport aux trois composants. Dans le premier cas, les valeurs de cette propriété passent par un maximum; dans le second, ce sont les écarts avec les valeurs calculées par la règle des mélanges qui sont le plus grands pour la composition maxima. L'absorption de la lumière paraît devoir satisfaire à l'une de ces deux conditions. Si, en particulier, le complexe absorbe dans une région du spectre où l'absorption des deux constituants est négligeable, le mélange le plus absorbant, dans cette région, sera le mélange maximum. Si donc l'on prépare une série de mélanges de composition variable et que l'on photographie les uns au-dessus des autres, les spectres d'absorption de ces mélanges, la limite d'absorption se déplacera en fonction de la concentration du complexe, et le spectrogramme dessinera de lui-même une courbe, présentant un maximum pour la composition maxima cherchée. Deux spectrogrammes suffiront en principe pour déterminer la formule du complexe (solutions équimoléculaires) et sa stabilité (solutions à des concentrations différentes) (1).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction des oxydes métalliques par les cyanures alcalins.* Note de MM. **L. Hackspill** et **R. Grandadam**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les propriétés réductrices du cyanure de potassium ont été étudiées par Liebig en 1842 (2). Ce savant a constaté que la plupart des oxydes métalliques sont réduits en général vers 700° par suite de la formation, aux dépens de leur oxygène, de cyanate ou plus exactement d'isocyanate de potassium OCNK



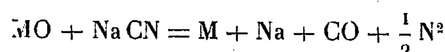
$$MO + KCN = M + OCNK.$$

En réalité lorsqu'on opère sans précautions spéciales pour éviter le contact de l'air, il y a en outre formation d'une certaine proportion de potasse variable avec la température et la durée de la chauffe. C'est pour-

(1) MM. Shibata, Inonya et Nakatsuka ont appliqué l'étude des spectres d'absorption à la détermination de certains sels doubles (*Chem. Abst.*, 16, 1922, p. 2075). L'analyse de leur Mémoire que j'ai eue entre les mains ne m'a pas permis de savoir s'ils ont employé la méthode simple que je viens de décrire. Ils ne l'ont certainement pas appliquée à la mesure des constantes d'équilibre.

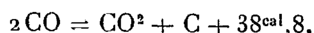
(2) Liebigs, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 41, 1842, p. 285.

quoi nous avons pensé qu'il serait intéressant de reprendre les expériences de Liebig en partant du cyanure de sodium pur du commerce titrant 98,5 pour 100, et en opérant dans le vide. Dans ces conditions la réduction commence à une température variable avec la nature de l'oxyde mais qui est toujours comprise entre 560° (point de fusion du cyanure) et 750°. Les produits de la réaction sont d'une part des gaz : CO, CO^2, N^2, d'autre part les corps solides : métal de l'oxyde, sodium métallique et carbone très divisé. Ce qui peut se représenter de la manière suivante :



$$MO + NaCN = M + Na + CO + \frac{1}{2} N^2$$

Q calories (Q étant en général > 100) avec décomposition ultérieure d'une partie de l'oxyde de carbone :



$$2CO = CO^2 + C + 38^{cal},8.$$

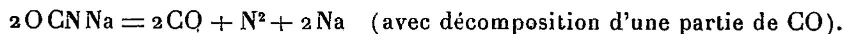
Suivant la nature de MO des différences de détail peuvent être constatées mais les produits obtenus restent les mêmes.

Les oxydes de plomb, d'étain, de cuivre, de nickel et de fer sont particulièrement faciles à réduire et fournissent, par condensation sur un tube de quartz refroidi par un courant d'eau, un poids de sodium sensiblement équivalent au poids de métal non volatil que l'on retrouve dans le creuset. Les oxydes de strontium et de baryum sont aussi réduits aux environs de 750° mais le métal alcalino-terreux mis en liberté est volatil dans les conditions de l'expérience et il se dépose sur le tube froid en même temps que le sodium sous la forme d'un alliage ayant à peu près la dureté du plomb. Chose curieuse, il n'y a pas formation d'azoture de baryum, ce qui s'explique par la vitesse avec laquelle les vapeurs sont refroidies.

L'alumine, la chaux et le bioxyde de manganèse n'ont pu être réduits d'une façon complète sans doute parce que la température était trop basse. Elle est en effet limitée par le point d'ébullition du cyanure de sodium sous la pression réduite à laquelle nous opérions. Toutefois même dans ces derniers essais il a été possible d'identifier d'une manière indiscutable l'azote, l'oxyde de carbone et le sodium métallique.

Nos résultats paraissent à première vue très différents de ceux obtenus par Liebig. Il nous a cependant semblé possible d'admettre tous les cas; il y a en premier lieu formation d'isocyanate à la condition que ce sel soit instable dans le vide vers 700°, c'est-à-dire dans les conditions de nos expériences. Cette dernière hypothèse a été pleinement vérifiée.

De l'isocyanate préparé et purifié suivant la méthode de Liebig contenant pas plus de 1 pour 100 d'impuretés, a été chauffé dans un creuset d'alundum dans un vide inférieur à $0^{mm},001$. Il a fourni à une température inférieure à 700° un dégagement gazeux qui a duré pendant 30 ou 35 minutes. Les produits de cette décomposition étaient CO^2, CO, N^2, Na et C qui existent tous dans les réductions d'oxydes opérées dans le vide, et il ne restait rien dans le creuset. On peut donc exprimer la réaction de la manière suivante :



$$2\,OCNNa = 2\,CO + N^2 + 2\,Na \quad \text{(avec décomposition d'une partie de CO).}$$

L'isocyanate est parfaitement stable au rouge vif sous la pression atmosphérique, mais la diminution de pression favorise sa décomposition car elle se fait avec une augmentation considérable.

CHIMIE MINÉRALE. — *La décomposition de l'eau oxygénée en présence d'hydroxyde nickeleux.* Note (¹) de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Lorsqu'on met l'hydroxyde nickeleux au contact de l'eau oxygénée, celle-ci se décompose avec dégagement d'oxygène. D'autre part, cependant, il ne se produit aucun changement dans le degré d'oxydation de l'hydroxyde nickeleux. Thénard a déjà signalé ces faits au commencement du siècle dernier.

Il était intéressant d'observer ce que deviennent, dans ces conditions, les propriétés magnétiques de l'hydroxyde nickeleux, qui agit alors comme un catalyseur, afin de voir comment se traduisent ce que nous appelons communément des phénomènes catalytiques.

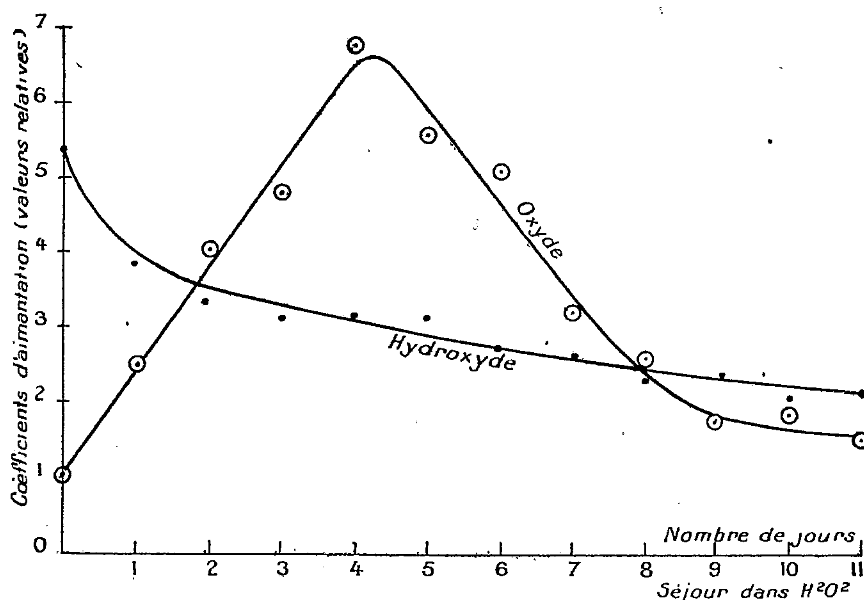
L'hydroxyde nickeleux était préparé entièrement à froid, en précipitant un sel de nickel par la soude, et en lavant par décantation. Puis, cet hydroxyde étant abandonné en suspension au sein de l'eau oxygénée, on en faisait des prélèvements, en notant la durée des séjours. Les échantillons étaient mis à sécher sur l'acide sulfurique. On déterminait ensuite les coefficients d'aimantation de ces hydroxydes nickeleux et ceux des oxydes calcinés correspondants.

A mesure que l'eau oxygénée se décompose, on constate une évolution

(¹) Séance du 16 mars 1925.

des propriétés magnétiques de l'hydroxyde, ainsi que de celles de son anhydride calciné. Les phénomènes dépendent des circonstances particulières de l'expérience. Mentionnons, à titre d'exemple, une expérience où, quotidiennement, on a fait des prélèvements d'hydroxyde. A chaque prélèvement on a, après décantation, renouvelé l'eau oxygénée. Le tableau suivant résume les résultats numériques obtenus. Les coefficients d'aimantation, rapportés au poids de nickel, sont exprimés en valeur relative. Celui de l'oxyde, dérivé de l'hydroxyde non encore soumis à l'eau oxygénée, a été choisi comme unité.

La courbe ci-après illustre ces observations.



Au sein de l'eau oxygénée, dans les conditions de l'expérience, l'hydroxyde nickeleux, dont la couleur s'affaiblit, devient en outre de moins en moins magnétique. Quant au coefficient d'aimantation de l'oxyde calciné correspondant, qui n'était au début qu'une fraction de celui de l'hydroxyde, il croît au bout de quelque temps de façon très notable, puis décroît. Ces phénomènes semblent directement reliés à la réaction chimique qui s'effectue par ailleurs car, au sein de l'eau pure froide, l'évolution de l'hydroxyde nickeleux, qui est fonction de la température, ne se manifeste pas sensiblement au magnétisme.

Hydroxyde nickeleux resté au contact de H^2O^2 *et oxyde calciné correspondant.*

Durée du séjour en jours.	Coefficients d'aimantation (valeurs relatives). Hydroxyde nickeleux.	Oxyde calciné.
0	5,35	1
1	3,85	2,54
2	3,49	4,12
3	3,22	4,93
4	3,26	6,97
5	3,35	5,67
6	2,82	5,35
7	2,68	3,35
8	2,41	2,72
9	2,42	1,83
10	2,14	1,98
11	2,24	1,65

La décomposition de l'eau oxygénée, envisagée ici, ne laisse donc pas en réalité le catalyseur identique à lui-même. A la réaction pondérale d'un côté, correspond de l'autre une réaction plus profonde, qui échappe à la balance, mais que l'analyse magnétique vient déceler.

MÉTALLURGIE. — *Contribution à l'étude des aciers étirés à froid.* Note de M. **Delbart**, présentée par M. H. Le Chatelier.

De nombreux auteurs ont déjà étudié l'influence du recuit sur les aciers écrouis. MM. Guillet et Gœrens ont tracé les courbes de résistance et d'allongement en fonction de la température de recuit; Witheley a indiqué l'influence de l'écrouissage sur la formation de la perlite globulaire. Hahnemann et Luidt ont étudié l'action des laminages et recuits successifs.

Il nous a paru utile de compléter ces essais en précisant l'action du recuit final sur des aciers ayant subi à l'usine des étirages à froid et recuits successifs, terminés par un recuit industriel, c'est-à-dire aussi court que possible.

Nous nous sommes d'abord attaché à l'étude des aciers hypoentectoïdes suivants qui sont les plus utilisés dans l'étirage à froid, à savoir :

Qualité.	N°.	C.	Si.	S.	P.	Mn.
Acier doux	1	0,127	0,06	0,033	0,019	0,44
Acier demi-dur	2	0,40	0,199	0,017	0,014	0,66
Acier dur	3	0,60	0,119	0,017	0,020	0,64

Ces aciers ont subi 6 passages à la filière avec réduction moyenne de 20 pour 100, des recuits intermédiaires entre 650° et 700° et finalement 2 passages successifs avec 16 et 8 pour 100 de déformations.

Sur les produits écrouis ainsi obtenus la cémentite était coalescée; nous avons fait les essais de résistance à la traction et les essais de résistance à la corrosion dans différents acides après un recuit de 10 minutes à diverses températures, suivi de refroidissement à l'air calme.

L'essai à la traction nous a donné les résultats suivants :

		Recuit à									
N°.	Ecroui.	400°.	500°.	550°.	600°.	650°.	700°.	750°.	800°.	850°.	900°.
1. R.....	54,5	53	47	45	41,3	35,5	36	37,6	36,8	38,6	38,2
A %..	7	12	17,5	19,5	23,5	34	34	31	31	30,5	31,2
2. R.....	70,4	68,5	68,2	66,2	65,1	58,9	54,5	58,5	60,1	61	″
A.....	8	14	15	16,5	18,5	20	23	21,3	22,5	22,5	″
3. R.....	87,6	84,8	82,6	76,5	69,6	64,9	65,2	74,3	75,4	76,7	″
A.....	6	7	11	13	17	21	19	17	15	16	″

Comme il était à prévoir nous avons donc trouvé pour chaque acier recuit vers 650-700° une chute de la résistance (et une augmentation de l'allongement), chute d'autant plus marquée que l'acier est plus carburé, puisque c'est la coalescence de la perlite qui est cause de cette dépréciation du métal.

Il y a donc lieu de distinguer dans l'industrie de l'étirage à froid deux températures différentes de réchauffement : un recuit intermédiaire coalescent au voisinage de 700°, qui fait simplement disparaître l'écrouissage et un recuit final, qui, s'il ne détruit pas toujours complètement la perlite globulaire, en transforme au moins la plus grande partie à l'état sorbitique, puisque nos réchauffements sont suivis de refroidissement à l'air calme. En fait, 10 minutes à 850° suffisent pour restituer au métal ses propriétés normales.

Toutefois, pour l'acier doux, le phénomène de la déformation critique agit particulièrement sur la fragilité sans que son action apparaisse aux essais de traction; il faut alors éviter le recuit intermédiaire entre 650 et 850°, car dans le cas d'une déformation critique il rend le grain grossier et le

métal cassant. On sait que dans la pratique de l'étirage à froid, il faut voir là l'origine de la plupart des criques.

L'intervalle de la déformation critique a été fixé par Pomp entre 8 et 16 pour 100 et Oberhoffer indique un maximum de grossissement du grain pour 10 pour 100 d'écrouissage.

Un acier doux réduit de 63 pour 100 nous donna les résultats suivants :

		Recuit à			
	Écroui.	650°.	780°.	840°.	930°.
R.......	64,9	37,2	39,1	40	40
A.......	1,5	30	28,5	29	29

Déjà le recuit à 650° fait apparaître un grain de ferrite très fin sur cet acier écroui au maximum, mais n'ayant pas subi de déformation critique, tandis que pour l'acier n° 1 dont les dernières déformations étaient de 16 et 8 pour 100, le grain n'est redevenu normal qu'après 900°.

Enfin nous avons constaté que le silicium et le manganèse ne retardaient pas la coalescence de la cémentite au point qu'il doive en être tenu compte à l'étirage à froid.

Les deux aciers suivants :

Nos.	C.	Si.	.	P.	Mn.
4........	0,185	0,95	0,036	0,031	0,53
5........	0,39	0,21	0,020	0,032	1,07

traités comme les précédents ont fourni les résultats ci-dessous :

		Recuit à								
Nos.	Écrouis.	400°.	500°.	550°.	600°.	650°.	700°.	750°.	800°.	850°.
4 R......	74,8	69,7	63,5	60,5	51,9	51	50,5	52,5	52,7	53,6
A......	5	12	13	14	22	27	28	22	25	24
5 R......	78,2	75,7	73,9	71,5	69,1	63,2	59	62,6	65,7	66,1
A......	7	10	11,5	13,5	15,2	18,7	23	20,5	22,5	21,2

Après étirage, ces métaux écrouis étaient coalescés. Le recuit à 700° qui détruisit l'écrouissage nous présenta une structure typique de la perlite globulaire. Nous pouvons donc leur étendre les conclusions énoncées précédemment et applicables aux aciers nos 2 et 3.

Les résultats des essais mécaniques ont été confirmés par l'examen micrographique; tous nos aciers écrouis ou recuits à basse température présentaient une ferrite déformée, ponctuée de perlite globulaire. Les recuits à 650-700° donnaient la structure des aciers coalescés normaux et c'est seulement vers 750° que la sorbite commençait à apparaître.

La singularité présentée vers 650-700° par les courbes de résistance et d'allongement a sa réplique dans l'étude de la corrosion. L'acide sulfurique, à divers degrés de concentration, donne toujours lieu à une attaque minima pour les échantillons recuits à 700°, c'est-à-dire pour les aciers coalescés non écrouis, par contre l'oléum à 20 pour 100, qui agit comme oxydant, donne précisément lieu en ce point à une attaque maxima.

Il y a là un fait d'importance certaine pour la fabrication des appareils de l'industrie chimique. Nous en poursuivons l'étude dans les aciers normaux et les aciers spéciaux.

HYDROLOGIE. — *Sur la constance du débit de la source froide* Velléda *de l'Établissement thermal de Royat.* Note (¹) de M. **Ch. Jacquet**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Les sources de l'Etablissement thermal de Royat sont au nombre de cinq. Quatre sources minérales proprement dites : Eugénie 35°,2; Saint-Mart 28°,7; César 27°,1; Saint-Victor 20°,8; qui sont des sources carbo-gazeuses et une source faiblement minéralisée : *Velléda* 8°,7.

Nous avons constaté un débit constant pour les sources chaudes César et Saint-Victor dont le griffon est surmonté d'un puits, en observant le niveau du plan d'eau. Il y avait lieu de voir s'il en était de même pour la source froide *Velléda*.

On pouvait en effet supposer que celle-ci, en raison de sa basse température, de sa faible minéralisation et de l'absence de gaz dissous, était alimentée par les eaux de pluie et de fonte des neiges.

S'il en avait été ainsi, son débit serait fonction des conditions atmosphériques et en particulier de la quantité annuelle des précipitations. C'est ce que nous nous proposons d'étudier.

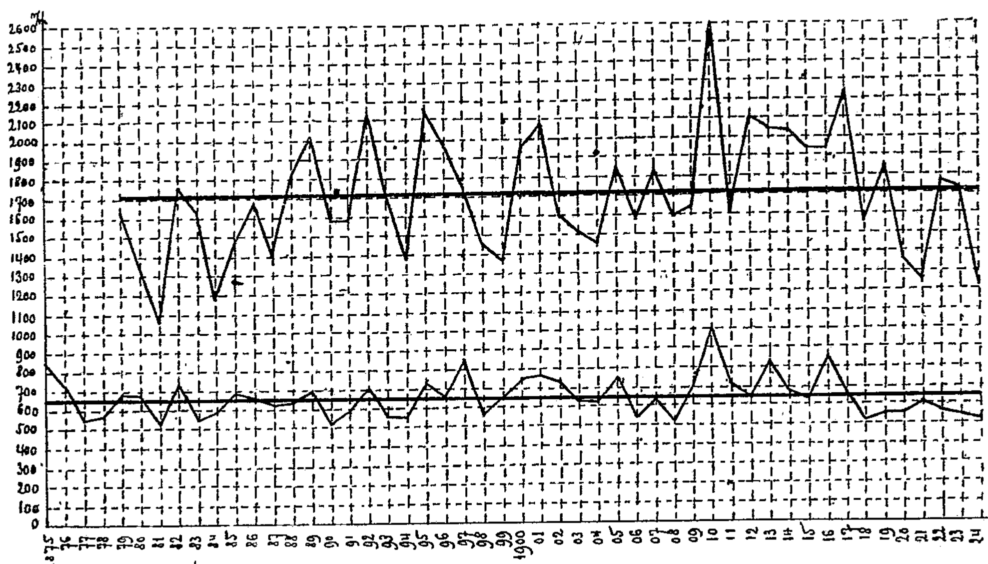
La source *Velléda* est située sur la rive droite du ruisseau Tiretaine et prend jour à la faveur d'une cassure dans l'arkose. Cette source a été captée en 1883. Les mesures de cette époque (1886) accusaient un débit horaire de 10200^l.

La station thermale de Royat-les-Bains est située à 450^m d'altitude sur la ligne joignant les deux stations de l'Observatoire du Puy-de-Dôme (station de la Plaine à Aubière, altitude 401^m; station du sommet du Puy de Dôme, altitude 1465^m).

(¹) Séance du mars 1925.

Si l'on admet en principe que la source *Velléda* a un débit fonction des précipitations, il est naturel de penser que ce débit reflète les hauteurs de pluie annuelles des deux stations de l'Observatoire qui sont situées de part et d'autre. A cause de cela nous avons cru devoir joindre à cette Note une figure donnant pour chacune des deux stations de l'Observatoire la quantité annuelle d'eau météorique tombée depuis la fondation de cet Établissement (1875 pour la station de la Plaine, 1879 pour la station du Sommet).

Il est à remarquer que, depuis 1917, la quantité d'eau météorique est nettement inférieure à la *moyenne* (653^{mm},4 pour la station de la Plaine et 1703^{mm},8 pour la station du Sommet) qui est indiquée sur chaque graphique par un trait horizontal accentué.



En 1918 (25, 26, 27 et 29 avril) des mesures de débit de la source *Velléda*, pour lesquelles on a utilisé un compteur Eyquem de 60^{mm}, ont donné un débit horaire de 10150^{l}. Ce compteur était branché sur la tuyauterie de fonte de 90^{mm} de diamètre venant du griffon et distribuant l'eau aux différents services. Il est permis de croire que ce compteur, *qui n'a pas été étalonné à l'époque*, n'a donné que des mesures approchées.

Il est toutefois intéressant de noter qu'un violent orage survenu le 26 avril 1918 n'avait causé aucune variation de débit ni aucun trouble de l'eau.

En novembre 1921, les 21 et 22, de nouvelles mesures de débit ont été

faites au compteur Eyquem, donnant des résultats légèrement inférieurs aux précédents (10130^{l} à l'heure).

Le 26 avril 1923, le Service des Mines procède au jaugeage de la source de la façon suivante : la conduite d'eau était interrompue à une vingtaine de mètres du griffon; l'eau était alors dirigée par un couloir et déversée dans un bac quadrangulaire de 120^{l} ($40 \times 50 \times 60^{cm}$); on observait le temps de remplissage *avec une simple montre*, temps qui était trouvé égal à 43 secondes, d'où l'on déduit, pour le débit horaire : 10050^{l}.

La pluviosité de l'année 1924 étant tout particulièrement inférieure à la moyenne, comme celle de l'hiver 1924-1925, nous avons cru devoir reprendre avec tout le soin possible la mesure du débit de la source *Velléda*. A cet effet, on a rempli comme précédemment un bac de 120^{l} ($40 \times 50 \times 60^{cm}$) dans un temps qu'on détermine au $\frac{1}{10}$ de seconde avec un *chronomètre Leroy;* on a pris soin d'aménager un plan rigoureusement horizontal au-dessous du bac dont le parfait remplissage pouvait être noté très exactement. On a fait 20 mesures dans la journée du 26 février 1925; seize mesures ont donné 42,3 secondes pour la durée du remplissage, deux ont donné 42,2 et deux autres 42,4, la moyenne étant exactement 42,3 secondes. On tire de là pour le débit horaire

$$\frac{120 \times 3600}{42,3} = 10210^{l}.$$

On retrouve ainsi, à *un millième* environ, le même débit qu'en 1886. On peut donc affirmer que le débit de la source *Velléda*, contrairement à ce qu'on pouvait supposer, est rigoureusement indépendant des conditions météorologiques extérieures.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Extension du drainage océanique*. Note (¹) de MM. **Emm. de Martonne** et **L. Aufrère**, présentée par M. R. Bourgeois.

L'extension des régions drainées vers les océans n'a été jusqu'à présent calculée que de façon approximative, d'après des planisphères à petite échelle (Murray 1886, Penck 1894). L'intérêt d'une évaluation plus précise est pourtant évident, non seulement au point de vue géographique, mais au point de vue géologique et hydrologique.

(¹) Séance du 16 mars 1925.

Les régions échappant au drainage océanique comprennent, non seulement les déserts et steppes arides, mais tous les bassins dont les pentes convergent vers une dépression intérieure. Les précipitations y sont dissipées sur place, les sédiments s'y déposeni sans contribuer au comblement des cuvettes océaniques ; l'évolution des formes d'érosion s'y accomplit en fonction de niveaux de base locaux et variables. Leur extension dépend des conditions orographiques et climatologiques surtout, et, dans une plus faible mesure, des conditions géologiques.

L'enquête dont les résultats généraux sont présentés a été menée en traçant sur des cartes de chaque continent à des échelles supérieures au $\frac{1}{5000000}$, et d'après des cartes à des échelles voisines du millionième ou même plus détaillées, les limites des bassins. Les surfaces ont été calculées en relevant les trapèzes d'un degré et même de un demi-degré compris dans chaque zone de latitude. Le travail a été fait pour chaque continent par plusieurs élèves de l'Institut de Géographie sous la direction de Emm. de Martonne; les résultats ont été coordonnés et vérifiés par L. Aufrère. On a distingué toutes les fois que la chose a été possible les bassins intérieurs proprement dits et les régions où c'est au climat seul que paraît due l'absence de drainage océanique. Les petits bassins intérieurs des pays calcaires n'ont pas été pris en considération.

Au total, plus de 38 millions de kilomètres carrés échappent au drainage océanique, soit 26 pour 100 de l'ensemble des terres, 30 pour 100 si l'on fait abstraction des terres polaires. Ce chiffre, notablement plus fort que celui donné par Murray et Penk, ouvre des horizons sur l'économie de la surface de la planète : c'est sur plus d'un quart et près d'un tiers de la surface des terres que les précipitations sont absorbées par le sol et l'évaporation, que les débris s'accumulent sur place sans décharger les blocs continentaux, que le nivellement par l'érosion est indépendant du niveau de base général et stable des mers. A tous les points de vue il s'agit de régions évoluant dans des conditions anormales.

L'Australie est le continent le plus singulier; le drainage océanique n'y revendique pas même la moitié de la surface (41 pour 100). L'Afrique est presque aussi anormale (drainage océanique 57 pour 100 seulement). L'Eurasie se rapproche des conditions moyennes (drainage océanique 68 pour 100). Le nouveau monde est particulièrement bien drainé (Amérique du Nord 90, Amérique du Sud 86 pour 100).

La Carte du drainage océanique est instructive : elle montre au premier coup d'œil une extension très réduite dans les latitudes moyennes (de 20

à 50°). Il n'y a pas de régions échappant au drainage vers la mer au delà de 60° de latitude; il en existe très peu au voisinage de l'équateur. Voici les moyennes calculées par zones de latitude de un degré dans les deux hémisphères :

Proportion des régions échappant au drainage océanique.

Latitude......	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hémisph. N...	5	8	6	5	5	5	10	12	11	12	16	22	35	30	42	47	53	55	54	59	59
Hémisph. S...	1	1	3	4	5	5	3	3	3	1	0	0	1	3	5	8	11	20	34	46	45
Latitude......	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Hémisph. N...	55	60	54	54	50	49	52	52	54	57	54	50	47	42	43	40	44	48	44	45	50
Hémisph. S...	46	45	51	51	51	55	52	57	60	63	57	51	43	45	49	55	42	30	49	59	36
Latitude......	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
Hémisph. N...	46	47	46	41	38	32	26	23	17	14	16	18	21	18	15	14	13	9	4	1	0
Hémisph. S...	35	38	36	37	34	41	48	36	35	2	5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

Les rapports avec le climat apparaissent clairement si l'on calcule des moyennes arrondies de 10° en 10°, comparables aux valeurs moyennes de la température (T) et des précipitations (P), surtout si l'on calcule T, comme nous l'avons fait, à la surface des continents seulement (P est emprunté à Spitaler, *Mitteilungen der Geogr. Gesellschaft*, Wien, 1907).

La courbe suit celle des températures au delà des tropiques, et celle des précipitations invertie entre les tropiques. Nous avons cherché une fonction de P et T dont les variations répondent à celle du pourcentage des régions échappant au drainage océanique. La plus satisfaisante nous a paru $P : T + 10$, comme le montre le tableau.

L, Latitude; DI, pour 100 des régions non drainées vers la mer; F, valeur de $P : T + 10$ (P, précipitations en centimètres moyenne annuelle d'après Spitaler; T, températures moyennes annuelles calculées pour les continents d'après la carte de Hann) :

L.....	60	50	40	30	20	10	0	S. 10	20	30	40	50
DI....	6	22	44	53	55	29	5	2	37	56	59	16
F.....	5,1	3,3	1,9	1,6	1,3	3,5	5,3	4,3	2,3	1,7	2,2	4,4

On remarque la concordance remarquable des deux courbes dans l'hémisphère Nord, qui est le mieux connu et celui où l'étendue des continents est la plus grande. La non-concordance des minima et des maxima dans l'hémisphère Sud peut être due à l'incertitude des données, mais aussi certainement du développement réduit des continents qui ne permet pas l'amortissement des anomalies locales.

L'analyse détaillée des variations de la courbe degré par degré, telle

qu'elle résulte du premier tableau, et celle de l'extension des surfaces échappant au drainage océanique dans chaque continent montrerait l'influence du relief et de la structure. Les plissements récents, mais surtout les dislocations tabulaires, créent des conditions défavorables au drainage océanique (Australie, Afrique, Asie centrale). La stabilité du sol est favorable à son extension par conquêtes des fleuves reculant leurs têtes de sources (malgré un desséchement certain depuis le Quaternaire, une partie de l'Afrique a été conquise au drainage océanique, qui devait être jadis aussi réduit qu'en Australie).

Dans l'ensemble, les facteurs climatologiques l'emportent; l'évaporation, réglée surtout par la température, et la quantité des précipitations sont les faits essentiels. Même avec des précipitations réduites, il semble qu'aucun bassin intérieur ne puisse se maintenir là où la température moyenne est inférieure à 0°; de même les cuvettes intérieures débordent là où les précipitations dépassent notablement 1^m, même dans les régions les plus chaudes. Le relief décide pour ou contre le drainage océanique là où les conditions climatiques ne lui sont pas très favorables, c'est-à-dire, semble-t-il, là où $P:T+10$ est inférieur à 3.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'aimantation permanente naturelle et artificielle des roches.* Note [1] de MM. F. Lœwinson-Lessing et V. Mitkewitch.

Le groupe volcanique du Karadagh en Crimée manifeste une anomalie magnétique compliquée. Sur l'un des rochers plusieurs polarités, sud et nord, se succèdent sur un espace restreint, ce qui suggéra à l'un de nous la supposition que ce rocher devait son aimantation non au champ terrestre, mais à des décharges électriques atmosphériques, comme on peut le supposer pour certains autres cas analogues (rocher magnétique de Frankenstein). On sait, par exemple, que la foudre, tombant sur un rocher et y produisant des fulgurites par une fusion partielle, détermine en même temps une aimantation permanente intense (la cime du Petit Ararat célèbre par son andésite à fulgurites). Mais on n'a pas trouvé de fulgurites dans les roches du Karadagh. Il fallait donc se demander si la foudre pouvait aussi produire une aimantation permanente à distance et non pas seulement

(1) Séance du 16 mars 1925.

dans le cas d'une décharge immédiate dans la roche même. Un calcul approximatif de l'un de nous semble démontrer qu'une décharge intense de la foudre produirait à une distance de quelques kilomètres un effet magnétique comparable à l'intensité du champ terrestre. Une pareille décharge se produisant à plusieurs dizaines (ou même centaines) de mètres pourrait donc produire dans une roche une aimantation permanente d'intensité égale à celle que l'on observe dans les roches à aimantation permanente très prononcée. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris des expériences d'aimantation artificielle au moyen d'un électro-aimant droit à noyau de fer long de 400^{mm} et de 50^{mm} de diamètre. Nous obtenons ainsi, immédiatement près du pôle, un champ magnétique de 3500 gauss. De nombreux échantillons de roches étaient soumis au contrôle magnétométrique avant et après l'expérience. Le degré de sensibilité de notre installation magnétométrique peut être illustré par le fait que l'approche de la main se manifestait par une déviation de 2 ou 3^{mm} sur notre échelle graduée se trouvant à une distance de $2^{m},50$ en face du petit miroir du magnétomètre. Une boussole ordinaire (longueur de l'aiguille 43^{mm}) produisait à une distance de 300^{mm} une déviation de 40^{mm}.

Les résultats de nos expériences peuvent être résumés comme suit :

Roches de profondeur. — 59 pour 100 des échantillons soumis à l'étude ne manifestent point d'aimantation naturelle, mais presque tous, sauf à peu près 3 pour 100, se laissent aimanter et acquièrent généralement une aimantation permanente intense. Les conditions de la cristallisation du magma intrusif ne sont donc point favorables à l'aimantation naturelle dans le champ terrestre. La plupart des granites, dépourvus d'aimantation naturelle, sont susceptibles d'aimantation artificielle.

Roches d'épanchement. — Plus de la moitié des échantillons est douée d'une polarité naturelle plus ou moins intense. Toutes les roches effusives se laissent aimanter et acquièrent généralement une aimantation intense, même celles qui n'avaient pas été aimantées dans la nature. Nous n'avons rencontré que deux exceptions : un tuf andésitique et le trass du Karadagh. Tandis que la majorité des basaltes a acquis dans les conditions naturelles une aimantation intense, ce qui est connu depuis longtemps, les mélaphyres ne possèdent point d'aimantation permanente naturelle ou ne sont que faiblement aimantés, quoique, dans les conditions du laboratoire, ils se laissent tous fortement aimanter. Y aurait-il là une influence d'âge ?

Roches de contact. — 55,5 pour 100 sont dépourvues d'aimantation, mais dans la majorité des cas elles se laissent fortement aimanter.

Roches métamorphiques. — 61 pour 100 ne manifestent aucune aimantation; celles qui sont faiblement aimantées acquièrent une aimantation artificielle intense. Toutes les phyllites et ardoises sont dépourvues d'aimantation naturelle, et ne se laissent pas aimanter, même si l'expérience est faite à plusieurs reprises. Une amphibolite feldspathique de Thuringe se comporte de même, quoiqu'elle contienne plus de magnétite que d'autres. Il faut aussi relever une porphyrite diabasique de l'Oural du Nord transformée en une masse argileuse, mais sans avoir perdu sa structure porphyrique; la roche provient d'une galerie souterraine à la profondeur de 20^m et possède une aimantation permanente, quoique faible héritage probable de la roche mère.

Roches sédimentaires. — Sauf la bauxite du Vogelsberg, toutes les roches sédimentaires sont dépourvues d'aimantation, et en général elles ne sont pas aimantables; sauf certains grès ferrugineux. L'aimantation permanente de la bauxite est probablement un reste de l'aimantation du basalte dont provient cette roche.

Un fait remarquable est l'aimantation permanente de deux kaolins remaniés, blancs, des gouvernements de Thernigow (Gloukhow) et de Volhynie. L'électro-aimant leur a infligé une polarité très faible, mais distincte et durable; elle subsiste sans altération depuis 3 mois.

Nous sommes portés à croire que dans les cas où les roches manifestent une aimantation permanente très intense, de nature à faire tourner l'aiguille d'une boussole, et surtout quand cette aimantation est bornée à des pics isolés, à des crêtes ou des cimes de montagnes et quand il y a sur un petit espace plusieurs polarités différentes, ce n'est pas au champ terrestre, mais à des décharges de la foudre qu'il faut attribuer cette aimantation. Il était donc naturel de se demander s'il y a un moyen de distinguer l'aimantation produite par le champ terrestre de celle produite par la foudre. Il semble que nous ayons trouvé une réponse affirmative pour les cas d'une aimantation permanente intense, en suivant le raisonnement que voici. Quand une décharge de la foudre se produit près d'une roche, le champ magnétique qu'elle suscite est si intense que la roche doit être aimantée jusqu'à la saturation et par suite incapable de se laisser aimanter davantage dans le champ de notre électro-aimant qui, tout en étant plus fort que le champ terrestre, le cède beaucoup au champ de la foudre. Par contre les roches aimantées par le champ terrestre ne sont pas saturées d'aimantation et doivent être susceptibles d'aimantation complémentaire dans les conditious de nos expériences et devenir plus fortement aimantées qu'elles ne l'étaient auparavant.

Nos expériences confirment cette supposition. Plusieurs échantillons de l'andésite à fulgurites de l'Ararat, soumis à l'aimantation, ont gardé à peu près le degré d'intensité de leur aimantation permanente originelle (une augmentation de l'intensité de 2 ou 3 fois peut n'être qu'une augmentation très faible ou même apparente, due à une répartition plus régulière des pôles), tandis que, dans le cas de roches aimantées dans le champ terrestre, cette augmentation de l'intensité est très grande, souvent énorme (plusieurs dizaines ou plusieurs centaines de fois). Les échantillons magnétiques du Karadagh n'ont manifesté aucun changement dans l'intensité de leur aimantation après plusieurs tentatives d'aimantation artificielle.

Ainsi nos expériences nous conduisent à la conclusion que l'aimantation artificielle dans les conditions décrites dans cette Note offre un moyen de discerner dans beaucoup de cas une aimantation permanente produite par la foudre de celle qui a été produite par le champ terrestre. Il est à désirer qu'on applique cette méthode à l'étude de l'aimantation permanente des roches avant de conclure à des variations de position du méridien magnétique terrestre.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la quasi-permanence du dessin des courbes météorologiques en Afrique Occidentale.* Note de M. **Henry Hubert.**

Après avoir tracé, sur la carte de l'Afrique Occidentale, les courbes traduisant les différents facteurs météorologiques pour des durées très différentes (année, mois, jour, heure), je me suis appliqué à étudier la variabilité du dessin de chacune de ces courbes pour des périodes qui se correspondent.

Le fait important mis en évidence par le dépouillement d'un très grand nombre de documents est celui ci : étant entendu que le dessin des courbes pour deux périodes qui se correspondent est d'autant plus variable que les périodes considérées sont plus courtes, ce dessin reste cependant très comparable à lui-même, les différences observées résidant beaucoup plus dans la valeur absolue des courbes que dans leur forme et leur disposition.

Ainsi, par exemple, l'allure des isothermes sera très comparable, non seulement pour deux années différentes, mais encore pour un même mois de deux années distinctes. Et si l'on trace les isothermes, pour une même heure de chacun des jours d'un mois, on aura, au maximum, deux ou trois groupements possibles de lignes, groupements qui seront le plus souvent des

variantes d'un même type et qui se retrouveront, chaque année, pour la même heure de tous les jours du mois considéré.

De plus, dans les limites où la position des courbes est susceptible de varier, on constate que, dans certaines régions, ces variations sont normalement fortes, tandis que dans d'autres, toujours les mêmes, elle sont, au contraire, normalement faibles. Ces dernières régions jouent, par suite, dans le dessin général des courbes, le rôle d'axes ou de charnières.

Il convient d'ajouter enfin que, si les valeurs des différentes courbes de périodes comparables sont plus variables que la forme même de ces courbes, ces valeurs ne sont cependant susceptibles de changer qu'entre des limites assez étroites. Il se dégage de tout cela une impression de régularité dans la succession des variations climatiques, impression qui est justifiée par la forme massive et peu accidentée de l'Afrique occidentale : celle-ci réagit dans son ensemble, tout d'un bloc (et non par ses différentes parties) sous l'action de facteurs déjà eux-mêmes très réguliers, puisque leurs variations sont dominées par le déplacement apparent du Soleil.

Il n'est évidemment pas possible de donner ici, même sous une forme résumée, les caractères du dessin des courbes météorologiques pour chaque facteur étudié et pour les différentes périodes considérées. On peut tout au plus essayer de mettre en évidence les avantages pratiques de la faible variabilité de ce dessin.

a. Il est possible de fixer maintenant, avec une grande sécurité, les caractères climatiques des différentes régions de l'Afrique occidentale, ce qui est d'une grosse importance au point de vue d'acclimatements à réaliser.

b. La quasi-permanence du dessin des courbes des mêmes époques permet de saisir, souvent jusque dans les détails, l'interdépendance des différents facteurs météorologiques et, par suite, l'évolution probable de certains éléments d'après les variations actuelles de certains autres.

c. La quasi-permanence du dessin des courbes permet immédiatement un contrôle serré des observations faites, et à l'occasion, soit la reconstitution du temps passé pour une période où les observations sont insuffisantes ou incomplètes, soit l'établissement des courbes du temps actuel pour un pays immense en n'utilisant qu'un nombre infime d'observations. Il suffit pour cela d'employer des gabarits de courbes, établis d'ailleurs empiriquement.

d. Des changements de temps, en apparence très faibles, peuvent être aisément mis en évidence, puisqu'ils se traduisent par un nouveau dessin des courbes. On peut ainsi saisir très exactement le début d'une nouvelle saison.

e. Le contrôle, en quelque sorte permanent, du dessin des courbes, permet de voir que, pour un grand nombre de comparaisons à faire, le procédé classique des moyennes risque d'entraîner de graves erreurs, quand il s'agit de l'Afrique occidentale. Presque toujours on évitera le danger résultant d'observations incomplètes ou erronées en remplaçant les moyennes par les valeurs des extrêmes et de la plus grande fréquence. Si, sur dix observations, le chiffre *a* est trouvé plus de cinq fois, on dira que la plus grande fréquence est *a*, cette valeur pouvant n'avoir aucun rapport nécessaire avec la moyenne des dix observations.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la faune des alluvions tourbeuses de la vallée de la Seine au sud de Paris.* Note de M. **Pierre Lesne**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

En 1920 et 1921, j'ai eu l'occasion de constater la présence, au sud de Paris, d'un banc de tourbe intercalé dans les alluvions et non encore signalé jusqu'ici. Ce banc est situé dans la région s'étendant à l'ouest de la ferme de l'Hôpital, à la limite des territoires de Choisy-le-Roi et de Villeneuve-Saint-Georges. Je l'ai reconnu en deux points : 1° au voisinage immédiat de l'arrêt de Villeneuve-Prairie et 2° contre le bord ouest du talus des voies de grandes lignes, un peu au sud de l'aqueduc passant sous ces voies.

Dans le premier de ces points, le banc de tourbe, épais de 1^m à 1^m20, semble reposer, vers 1^m90 de profondeur, sur les graviers pleistocènes, le « sable à lapins » faisant défaut à ce niveau. La tourbe, argileuse dans sa partie supérieure, est surmontée d'une mince couche d'argile noire (0^m05) riche en coquilles d'eau douce, qui est elle-même recouverte de 0^m80 de limons.

Dans le second point, une fouille, poussée jusqu'à la profondeur de 3^m20, n'a pas atteint le substratum. Un banc de tourbe argileuse, épais d'au moins 1^m15, y est recouvert d'une couche de 0^m65 d'une argile tourbeuse brune passant au gris vers le haut et supportant elle-même une assise de limons épaisse de 1^m35.

Alors que la tourbe de cette dernière fouille s'est montrée extrêmement pauvre en débris subfossiles, celle du passage à niveau de Villeneuve-Prairie m'a fourni de nombreux restes d'Insectes, presque tous Coléoptères, parmi lesquels j'ai pu identifier les formes suivantes :

COLÉOPTÈRES. *Carabidæ : Carabus auratus* L., *Dyschirius globosus* Herbst, *Bembidion* (*Lopha*) *gilvipes* Sturm, *B.* (*Campa*) *assimile* Gyll., *B.* (*Campa*) *Clarki* Daws., *B.* (*Philochthus*) sp. ined., *Patrobus* sp., *Agonum lugens* Duft., *Pterostichus* (*Lagarus*) *vernalis* Panz., *P.* (*Bothriopterus*) *oblongopunctatus* F., *P.* (*Platysma*) *niger* Schall., *P.* (*Pseudomaseus*) *minor* Gyll., *P.* (*Omaseus*) *vulgaris* L.

— *Dytiscidæ : Hyphydrus ferrugineus* L., *Colymbetes* sp.

— *Gyrinidæ : Gyrinus elongatus* Aubé.

— *Silphidæ : Silpha* (*Phosphuga*) *atrata* L.

— *Histeridæ : Hister carbonarius* Ill.

— *Hydrophilidæ : Ochthebius* sp., *Limnoxenus oblongus* Herbst, *Chætarthria semi-nulum* Herbst, *Cœlostoma orbiculare* F.

— *Curculionidæ : Otiorrhynchus clavipes* Bonsd., *O. raucus* F., *Liparus coronatus* Goeze, *Anisorrhynchus barbatus* Rossi, *Notaris scirpi* F.

— *Chrysomelidæ : Donacia clavipes* F., *D. obscura* Gyll., *Phyllodecta vulgatissima* L.

— *Scarabæidæ : Melolontha vulgaris* F.

HÉMIPTÈRES. *Pentatomidæ : Graphosoma lineatum* L.

La tourbe et les alluvions susjacentes m'ont fourni un certain nombre d'espèces de Mollusques dont je dois la détermination à M. Louis Germain, savoir :

1° Dans la tourbe : *Bythynia tentaculata* L., forme typique; *B. Leachi* Sheppard, *Valvata* sp., *Succinea Pfeifferi* Rossm., *Limnæa* (*Radix*) *vulgaris* K. Pfeiffer, *Planorbis* (*Tropidiscus*) *planorbis* L., *Ancylus* s. p.

2° Dans l'argile surmontant la tourbe : *Bythynia tentaculata* L., *B. tentaculata* var. *producta* Menke, *Valvata cristata* Müll., *Helix* sp., *Succinea putris* L., *Limnæa* (*Stagnicola*) *palustris* Müll., *L.* (*Stagnicola*) *limbata* Zeigl., *L.* (*Stagnicola*) *vulnerata* Küster, *L.* (*Galba*) *truncatula* Müll., *Planorbis* (*Tropidiscus*) *planorbis* L., *P.* (*Paraspira*) *septemgiratus* Zeigl.

3° Dans les limons : *Bythynia tentaculata* L., *Helix* (*Fruticicola*) *hispida* L. et sa var. *foeni* Luc., *Succinea putris* L., *S. parvula* Pascal, *Limnæa* (*Stagnicola*) *palustris* Müll., *L.* (*Stagnicola*) *palustris fusca* Pfeiff., *Planorbis* (*Paraspira*) *septemgiratus* Zeigl.,

Plus des deux tiers des insectes cités sont des formes aquatiques ou ripicoles ou recherchant au moins les localités froides et humides; elles sont mêlées à quelques formes de terrains secs. Presque toutes appartiennent d'ailleurs à des espèces habitant encore la région. Cependant il en est une (*Gyrinus elongatus* Aubé) qui n'existe plus dans la région parisienne et que l'on n'observe aujourd'hui, dans l'Europe moyenne, que dans les régions littorales voisines de la Manche et de l'Océan, et, d'autre part, en Allemagne, dans le Wurtemberg et l'Oldenbourg. Il est très remarquable que l'un des Mollusques mentionnés ci-dessus (*Planorbis septemgiratus* Zeigl.),

qui habitait la région de Villeneuve-Saint-Georges et de Choisy-le-Roi jusqu'à l'époque du dépôt des limons, ait suivi le même mouvement de retrait que le *Gyrinus* et ne se rencontre actuellement que dans certaines parties de la France occidentale et en Bavière (L. Germain).

Il résulterait de ces faits que, postérieurement au dépôt de la tourbe de Villeneuve-Prairie, il se serait créé, dans la région parisienne, un foyer d'extinction d'espèces qui se serait étendu, d'une part jusqu'au voisinage du littoral maritime, et, d'autre part, jusque dans l'Allemagne occidentale.

Le manque total de débris de Coprophages est frappant et dénote l'absence de troupeaux de Ruminants dans la plaine dont il s'agit à l'époque du dépôt de la tourbe; il constituerait une présomption en faveur de la différence d'âge de la formation de ce dépôt et des agglomérations néolithiques du voisinage, et serait en faveur de l'hypothèse de l'âge infranéolithique de la tourbe (1).

Il y a lieu de noter, enfin, que la tourbière de Villeneuve-Prairie occupe le fond du chenal aujourd'hui colmaté qui, probablement à la fin du pleistocène, reliait la basse vallée de la Marne à celle de la Seine par le marais de Sucy, la ferme de l'Hôpital et l'arrêt de Villeneuve-Prairie (2), chenal qui servait probablement de déversoir au trop plein des eaux de la Marne. Le plan d'eau de cette rivière à Bonneuil est plus élevé d'environ 3^m que celui de la Seine à Choisy-le-Roi, et, dans cette région, même en saison sèche, une nappe souterraine s'écoule en permanence de l'Est à l'Ouest dans la direction du thalweg de la Seine, à travers l'épaisseur des alluvions.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Hypéricacées. Développement de l'embryon chez l'*Hypericum perforatum *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

D'une manière très générale, chez l'*Hypericum perforatum*, les deux cellules, *ca* et *cb*, du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) se segmentent transversalement (*fig.* 2 et 3) pour donner une tétrade de quatre éléments superposés, *l*, *l'*, *m* et *ci* (*fig.* 4). L'élément supérieur, *l*, se partage toujours

(1) A. Laville (1899, 1900, 1901) a insisté sur l'existence de niveaux infra-néolithiques à la base des limons récents, dans la région de Villeneuve-Saint-Georges.

(2) Voir la Carte géologique des environs de Paris au $\frac{1}{10000}$ dressée par le Service de la carte géologique détaillée de la France (1890).

verticalement en deux cellules juxtaposées (*fig.* 11 à 21); celles-ci se segmentent peu après de la même manière (*fig.* 22, 30) pour engendrer quatre quadrants nettement disposés dans un plan horizontal ; par segmentations transversales, les quatre quadrants donnent naissance à quatre octants supérieurs (*fig.* 31 à 33, *os*) et à quatre octants inférieurs, *oi*, dont les processus

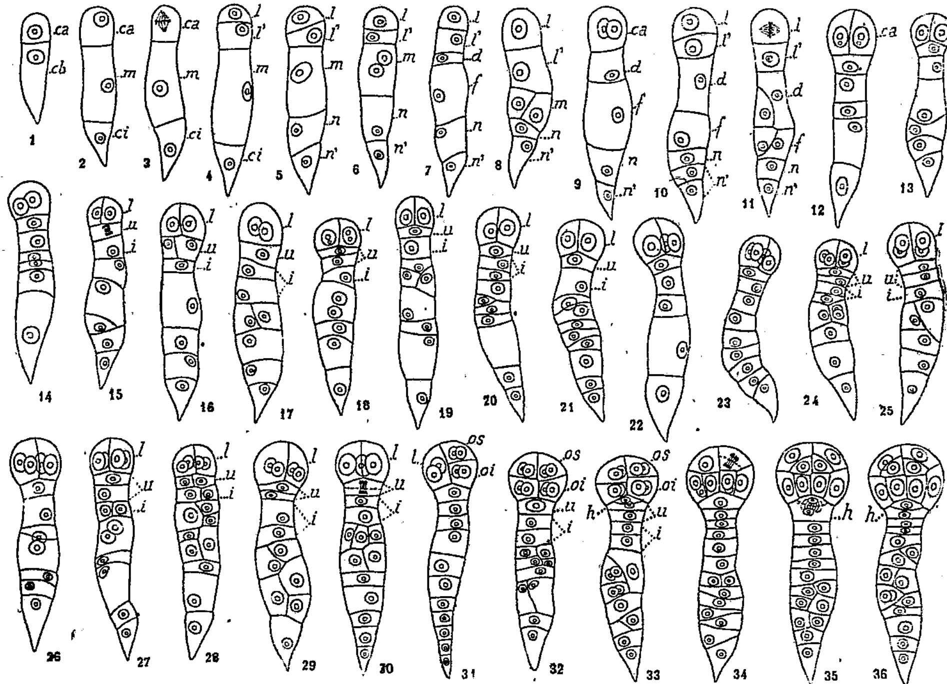


Fig. 1 à 36. — *Hypericum perforatum* L. — Les premiers stades du développement de l'embryon jusqu'au moment de la différenciation de l'hypophyse. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *l* et *l'*, cellules-filles de *ca*; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *u* et *i*, les deux cellules superposées issues de *l'*, *os*, octants supérieurs; *oi*, octants inférieurs; *h*, hypophyse. G. = 260.

ultérieurs des cloisonnements et le rôle histogénique sont identiques à ceux des octants supérieurs et inférieurs qui se différencient chez le *Capsella Bursa-pastoris*.

L'élément, *l'* de la tétrade (*fig.* 4) se partage horizontalement en deux cellules superposées, *u* et *i*, (*fig.* 15, 19); celles-ci se segmentent un peu plus tard de la même manière pour donner quatre éléments plus ou moins aplatis, nettement placés les uns au-dessus des autres : en 15, 18, 24, 25, 27, 29, on peut se rendre compte de la division transversale de la cellule supérieure *u*; en 17, 20, 24, 29, 30, les deux cellules-filles issues de *i* apparaissent distinctement. C'est ordinairement aux dépens de la cellule-fille

supérieure de *u*, ainsi qu'il ressort de l'examen des figures 30 et 33, que se différencie une cellule hypophysaire, tout-à-fait comparable à celle que l'on observe chez le *Capsella Bursa-pastoris*, par son mode d'individualisation, ses processus de segmentation et ses fonctions (*fig.* 33, 35, 36). La cellule-fille inférieure de *u* et les descendantes de *i* participent, avec tous les éléments issus des cellules *m* et *ci* de la tétrade, à la construction d'un suspenseur, étiré inférieurement, dont les figures 20 à 36 reproduisent la composition et la configuration extérieure.

Ces règles générales qui président à la marche des segmentations subissent des variations assez fréquentes. Ainsi, la cellule apicale *ca*, se diviserait parfois verticalement, comme le démontreraient les formes embryonnaires représentées en 9, 12, 13, 14, 22; dans ce cas, l'embryon proprement dit tirerait tout entier son origine, non de la cellule supérieure *l*, mais de sa cellule-mère, c'est-à-dire de la cellule apicale *ca*, comme cela se produit chez le *Capsella*. Les cellules *u* et *i* peuvent se segmenter verticalement, soit l'une et l'autre, soit l'une ou l'autre seulement, comme on peut le voir en 16, 27, 28; quand *u* se divise verticalement, cette cellule devient nécessairement la cellule hypophysaire. Enfin la cellule *m* de la tétrade, qui normalement se segmente transversalement, se partage dans bien des cas par des cloisons obliques ou verticales (*fig.* 8, 11, 17, 24, 25) pour engendrer un groupe cellulaire assez irrégulier correspondant à la portion médiane assez renflée du suspenseur.

En somme, si l'on considère la disposition des premiers blastomères, l'*Hypericum perforatum* offre surtout des analogies avec les espèces, telles que le *Linum catharticum*, qui possèdent des proembryons dits filamenteux; si, d'autre part, l'on envisage les règles selon lesquelles la cellule supérieure du proembryon donne naissance à l'embryon proprement dit, le mode de différenciation et les fonctions de l'hypophyse, l'embryon de l'*Hypericum* peut être très étroitement comparé à celui du *Capsella Bursa-pastoris*. Il présente néanmoins un caractère qui lui est propre, consistant dans ce fait très général que l'embryon proprement dit tire tout entier son origine de la cellule-fille supérieure, *l*, de la cellule apicale du proembryon bicellulaire.

BOTANIQUE. — *Nouvelles observations sur la structure des Cyanophycées.* Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

Dans des recherches déjà anciennes, nous avons montré que le *corps central* décrit par Bütchli dans les Cyanophycées correspond comme le pensait cet auteur à un noyau peu différencié, et non à une vacuole remplie de réserves ainsi que l'admettaient d'autres botanistes. Nous avons établi

par contre que les formations désignées par Bütchli sous le nom de *grains rouges*, en raison de leur métachromasie et considérées par ce savant comme des grains de chromatine sont assimilables aux corpuscules métachromatiques observés dans les Bactéries, les Champignons et certaines Algues. Seulement, dans les Cyanophycées, ces corpuscules, au lieu d'être localisés dans les vacuoles comme partout ailleurs, sont situés dans le noyau. Cette localisation de ces corpuscules dans le corps central se comprend difficilement aujourd'hui que nous savons, à la suite des travaux de Dangeard et des nôtres, que les corpuscules métachromatiques sont le résultat de la précipitation sous l'influence des colorants vitaux et des fixateurs d'une substance (métachromatine) se trouvant à l'état de solution colloïdale dans les vacuoles. Elle était donc de nature à mettre en doute la signification nucléaire du corps central et nécessitait de nouvelles observations.

Nous avons pris comme matériel d'études le *Phormidium favosum* que nous avons déjà observé dans nos recherches antérieures, ainsi qu'un certain nombre d'autres espèces : *Oscillatoria limosa*, *Tolypothrix lanata*, *Hydracoleum Brebessonii* et *Nostoc muscorum* a. g.

Sur le vivant, ces Algues montrent un cytoplasme pariétal imprégné de pigment chlorophyllien et un corps central volumineux, d'aspect hyalin. Dans le cytoplasme, on distingue souvent un plus ou moins grand nombre de globules réfringents qui ont l'apparence de globules oléagineux, mais qui n'en ont aucune des réactions; ils paraissent correspondre aux *grains de Cyanophycine* des auteurs.

Les colorations vitales n'ont guère été employées jusqu'ici que par Massart qui a obtenu la fixation de ces colorants sur le corps central et s'est servi de ce fait comme argument contre la théorie nucléaire du corps central. E les sont parfois difficiles à réaliser en raison de eur difficulté de pénétration à trouver la gaine mucilagineuse. Le rouge neutre, les bleus de méthylène, de crésyl et de Nil permettent cependant d'obtenir au bout d'un temps plus ou moins long la coloration de petites vacuoles remplies de métachromatine disposées, non dans le corps central, mais dans la couche cytoplasmique autour du corps central. Ces vacuoles sont très petites et très nombreuses et se colorent d'une manière homogène par les colorants vitaux. Le plus souvent, elles sont rondes, mais elles peuvent prendre dans certains cas l'aspect de bâtonnets disposés parallèlement sur toute la longueur de la cellule. Ces vacuoles ne tardent pas à se gonfler sous l'influence du colorant et finissent par devenir assez grosses, donnant au cytoplasme tout entier

un aspect alvéolaire. Parfois, on donne à leur intérieur la production par précipitation de petits corpuscules très fortement colorés. Ce n'est que lorsque les cellules meurent, et au bout d'un temps assez long, que le corps central se colore; à ce moment généralement les vacuoles se décolorent. Il arrive cependant dans certains cas, après coloration au bleu de méthylène, que le noyau se colore alors que les vacuoles sont encore colorées ; le corps central apparaît alors avec une teinte bleu foncé au milieu d'un cytoplasme bourré de petites vacuoles à couleur rougeâtre. Les colorations obtenues par Massart étaient donc des colorations postvitales. On peut conclure de ces faits que la métachromatine apparaît dans de petites vacuoles disséminées dans le cytoplasme et non dans le noyau lui-même, contrairement à l'opinion admise par tous les auteurs.

Le vert jaune et le violet de Dahlia ne teignent pas en général les vacuoles et se fixent seulement sur le noyau dans les cellules qui meurent.

Après fixation par le liquide de Bouin ou celui de Leuhonik et coloration par l'hémaline, le cytoplasme apparait faiblement coloré et les grains de cyanophycine qui s'y trouvent inclus prennent une teinte bleue plus foncée. Le corps central est représenté par un réseau chromatique assez fortement coloré qui paraît inclus dans un nucléoplasme moins coloré. Le réseau chromatique présente pendant le cloisonnement des stades de division extrêmement nets qui se manifestent par une disposition plus ou moins parallèle des filaments et un étranglement médian. Ce mode de division peut être regardé comme un type un peu intermédiaire entre l'amitose et la mitose. Les stades de cloisonnement étant extrêmement fréquents, on peut donc supposer, avec Dehorne, que la structure spéciale du noyau est due au fait que cet organe ne passe jamais par un stade de repos.

Quant aux corpuscules métachromatiques, ils apparaissent le plus souvent dans le corps central. Cependant, on trouve des cas où les corpuscules semblent plutôt disposés autour du corps central que dans son intérieur; cette disposition est particulièrement nette dans le *Nostoc muscorum* qui se distingue des autres espèces par un corps central beaucoup plus condensé. Aussi doit-on admettre, en s'appuyant sur les résultats obtenus par l'observation à l'aide des colorants vitaux, que ces corpuscules résultent de la précipitation par le fixateur de la métachromatine contenue dans de petites vacuoles situées en dehors du corps central, et que leur disposition intranucléaire n'est qu'un artifice de préparation.

Les méthodes mitochondriales ne donnent que de médiocres résultats, parce qu'elles colorent avec une grande intensité le cytoplasme et que cette

coloration résiste à une longue régression, si bien que le corps central n'apparaît que d'une manière très imparfaite. Il nous a été impossible d'obtenir la différenciation des mitochondries et, contrairement à l'hypothèse formulée par Dehorne, on ne saurait assimiler les grains de cyanophycine à des mitochondries, bien que ces grains paraissent riches en lipoïdes. On pourrait supposer, d'après son comportement vis-à-vis des méthodes mitochondriales, que le cytoplasme renfermerait, dans ces Algues très primitives, de la substance mitochondriale à l'état diffus.

Ainsi, il résulte de nos recherches que la cellule des Cyanophycées renferme de nombreuses vacuoles, très petites, remplies de métachromatine (vacuome) qui sont localisées dans le cytoplasme et non dans le corps central (noyau).

PHYSIOLOGIE. — *Sur la contraction extrême consécutive à la congélation du muscle strié chez la grenouille.* Note de M. J. **Nageotte**, présentée par M. d'Arsonval.

La contraction extrême, définie dans une précédente Note [1], peut être produite par d'autres excitants que le courant faradique : excitation chimique, hyperthermie, congélation. Ses caractères essentiels restent les mêmes, mais l'aspect histologique varie suivant les cas. Physiologiquement, ces différents modes d'excitation se distinguent du courant faradique en ce qu'ils tuent le muscle : la contraction qu'ils provoquent est irréversible.

La présente Note est consacrée à la contraction extrême qui se produit au moment du réchauffement d'un muscle congelé à basse température (au-dessous de — 8°). Ce phénomène a été étudié récemment, au point de vue physiologique par Bottazzi [2]; j'en ai fait connaître les particularités histologiques dans mon cours de l'an dernier.

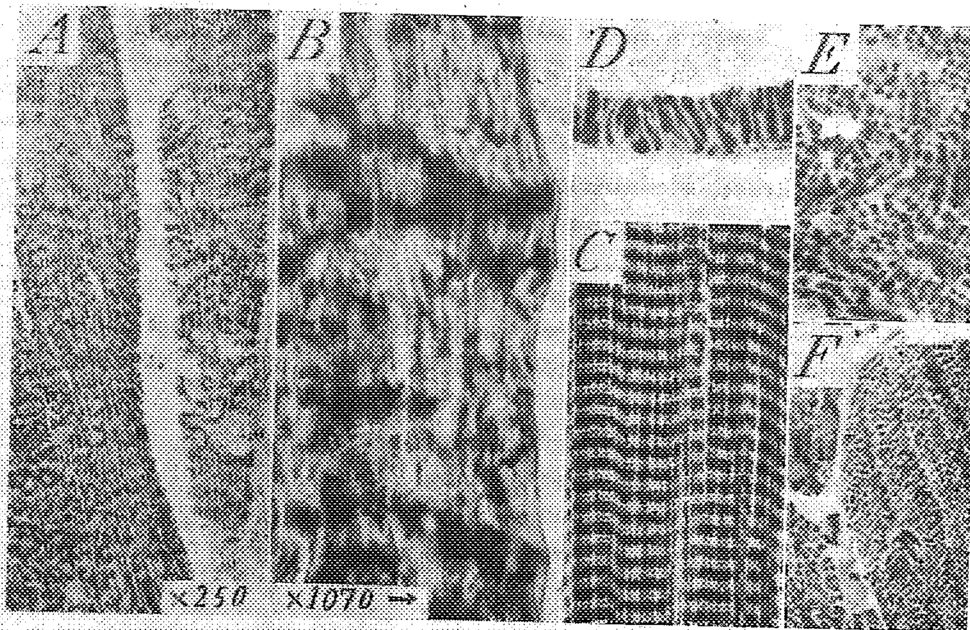
Un muscle couturier de grenouille est déposé sur la platine à acide carbonique et congelé; il devient instantanément blanc, opaque et cassant; en se réchauffant il reprend d'abord sa couleur et sa translucidité, puis sa souplesse; mais alors il commence à se contracter lentement et ne s'arrête qu'après s'être raccourci des trois quarts de sa longueur.

A ce moment le muscle est rigide et insensible à tous les excitants. Les

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 761.
(2) *Rendiconti dell' Accademia dei Lincei*, 6e série, 1, 1925, p. 68.

figures A et B montrent l'aspect des coupes longitudinales pratiquées dans le muscle fixé immédiatement après sa contraction et les analogies que cette forme de contraction extrême présente avec celle obtenue par l'excitation faradique.

Le raccourcissement du muscle dû à la décongélation dépasse celui qui



est provoqué par la faradisation (75 pour 100 au lieu de 66 pour 100); pourtant il ne semble pas que les portions contractées des myofibrilles soient plus épaissies.

En réalité les myofibrilles sont capables d'un raccourcissement beaucoup plus grand que ne le permet la structure anatomique du muscle; j'ai montré que ce raccourcissement dépasse certainement 80 pour 100 dans les portions contractées à l'extrême. Or le muscle, dont le volume ne change pas pendant la contraction (Ranvier), ne peut pas se raccourcir à ce point : sa trame conjonctive, le myolemme et, sans doute aussi, la constitution intime du protoplasma de ses faisceaux sont autant d'obstacles qui diminuent sa plasticité. C'est sans doute pour cette raison que la contraction extrême des myofibrilles, sauf dans un cas particulier que j'indiquerai plus loin, se produit non pas sur toute leur étendue, mais dans des espaces limités. Là où les portions contractées des myofibrilles se groupent transversalement dans le faisceau musculaire, leur gonflement est tel que l'insuffisante

extensibilité du myolemme ne leur permet pas de s'espacer; tous les constituants fluides du protoplasma sont chassés vers les territoires non contractés, où les myofibrilles, non épaissies, sont écartées les unes des autres par suite du gonflement général du faisceau musculaire; il se forme là des réservoirs où s'accumulent les fluides sous une pression qui fait obstacle à la contraction totale des myofibrilles. Ceci permet de supposer que, dans la contraction extrême, certains territoires myofibrillaires prennent une légère avance et que leur raccourcissement a pour conséquence de bloquer la contraction des territoires retardataires, d'où la singulière disposition observée.

Dans la contraction consécutive au réchauffement du muscle congelé, l'aspect des coupes montre une altération considérable des constituants protoplasmiques, qui ont pris un aspect flou (*fig.* B), très différent de ce que l'on observe dans la contraction faradique. Il est évident que la congélation a libéré une substance corrosive, et c'est là, sans doute, ce qui, en augmentant la plasticité du muscle, lui permet un raccourcissement plus grand.

L'altération est encore beaucoup plus considérable si l'on attend quelques minutes avant de fixer le muscle. Voici comment l'expérience peut être conduite : le muscle est congelé après avoir été tendu sur du liège; il lui est impossible de se contracter après réchauffement, mais la contraction se produit si on le libère au bout de 1 minute; elle est plus faible au bout de 2 minutes et ne se produit plus au bout de 3 minutes; si à ce moment on fixe le muscle, les coupes histologiques montrent la substance contractile, complètement désorganisée, fragmentée en tronçons rétractés à l'intérieur du myolemme.

Si maintenant, au lieu de fixer par l'alcool un muscle décongelé, contracté ou maintenu artificiellement en extension, on débite directement la pièce encore congelée en coupes longitudinales, recueillies dans l'eau salée, on observe le phénomène bien connu de la fragmentation des faisceaux musculaires en disques minces; ces disques, en raison de leur régularité, ont été considérés comme des segments élémentaires libérés par dissolution du ciment qui les unissait. Il n'en est rien; ils répondent chacun à un groupe d'au moins 20 à 30 segments, en état de contraction extrême. Par suite des conditions mécaniques amenées par le débitage en coupes et par le réchauffement brusque de ces coupes, il se trouve que la contraction violente produit la fragmentation des faisceaux en tronçons d'une régularité remarquable. On peut fixer ces tronçons et les débiter en coupes minces parallèles (*fig.* D)

ou perpendiculaires aux myofibrilles (*fig.* E). On constate alors que, toutes les parties fluides ayant pu être expulsées (myosine), la contraction extrême des myofibrilles est totale; d'autre part, le lavage immédiat dans l'eau salée a fait disparaître la substance délétère et les coupes ne présentent plus les altérations signalées plus haut. La comparaison de la figure E avec la figure F, qui représente une coupe normale, montre l'épaississement des fibrilles contractées.

Enfin si, avant tout réchauffement, on plonge le muscle congelé dans l'alcool absolu à $-15°$, la fixation s'opère sans la plus petite altération et les coupes ne peuvent être distinguées de celles d'un muscle vivant, fixé tendu dans l'alcool à la température ambiante.

De ces constatations il faut rapprocher l'expérience de Hürthle (1), qui a vu se contracter par réhydratation des muscles d'insectes desséchés à l'état congelé.

PHYSIOLOGIE. — *Analogie de l'action hormonique des glandes génitales mâles et femelles sur la crête des Gallinacés.* Note de MM. **Ch. Champy** et **N. Kritch**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'un de nous a signalé chez les Vertébrés inférieurs tout une série de faits qui montrent que les glandes génitales mâles et femelles ont, à leur période de maturité, une action analogue sur certains caractères sexuels annexes.

Ce parallélisme d'action du testicule et de l'ovaire sur certains phénomènes de développement déterminés peut être mis en évidence chez les Oiseaux par l'étude de l'évolution du tissu muco-élastique de la crête des coqs.

Ce tissu présente d'ailleurs une structure analogue à celui qui se développe périodiquement dans le cloaque des tritons de l'un et de l'autre sexe et qui régresse en dehors de la période des amours ou encore par castration : c'est un tissu aréolaire, les aréoles étant occupées par une substance mucoïde, les travées cytoplasmiques étant pourvues d'un réseau élastique fin et abondant. Ce tissu occupe une place importante dans la crête du coq normal. Le tissu vasculaire proprement dit ne forme qu'une mince couche superficielle.

Le tissu mucoïde apparaît de bonne heure (poulet de 150^g), de la base à la pointe de la crête, dans l'épaisseur du tissu conjonctif situé sous la lame

(1) *Pflüger's Archiv*, **126**, 1909, p. 129.

vasculaire superficielle. Il est permanent chez l'adulte : c'est lui qui donne à la crête sa consistance ferme.

Chez le castrat, il disparaît complètement, la crête étant réduite aux autres tissus qui subissent des transformations bien moindres. (Il faut excepter l'épithélium qui s'atrophie chez le castrat, et élabore des couches cornées épaisses donnant à la crête l'aspect farineux.)

La régression du tissu muco-élastique commence très vite après la castration, alors que la diminution du volume de la crête est encore insensible. Il se régénère rapidement, dès qu'un fragment de glande génitale en régénération atteint le minimum efficace déterminé par Pezard. Le même tissu existe dans les barbillons, il subit chez le castrat une régression analogue.

La crête de la poule qui ne pond pas (jeune poulette ou poule au repos hivernal) ne renferme pas de tissu de cette sorte, et ressemble à la crête du castrat. Quand la poule va commencer à pondre, ce tissu apparaît en plein tissu conjonctif dense. Il semble un peu moins développé que chez le coq, et disparaît quand la ponte cesse.

Il n'y a d'ailleurs aucune différence structurale essentielle entre la crête des poules et celle des coqs. L'aspect penché de la crête dans certaines races est une anomalie fixée, due à un faisceau dissymétrique de fibres élastiques. Il manque dans beaucoup de races et notamment chez les espèces sauvages.

Il est remarquable de constater que le tissu particulier que nous avons décrit et qui est un *véritable réactif spécifique de l'action hormonique* des glandes génitales, puisqu'il disparaît par castration, réagit aussi bien à la glande femelle qu'à la glande mâle, comme cela se produit chez les tritons et autres vertébrés à activité cyclique. Mais chez les vertébrés inférieurs, l'action de la glande sur ce tissu est cyclique dans les deux sexes.

Chez les Oiseaux s'établit une importante particularité : *l'action tend à devenir permanente et précoce chez le mâle et reste cyclique chez la femelle.* La même différence s'observe chez la plupart des Mammifères, dans beaucoup de phénomènes de développement sexuel.

La nature hormonique de l'action du testicule sur la crête des Oiseaux paraît bien établie par les recherches de Pezard et Caridroit. Il semble difficile d'admettre que des substances différentes aient une action aussi semblable sur un même réactif physiologique. Il est plus conforme aux faits de penser que les glandes génitales des deux sexes élaborent une substance commune, permanente chez le coq, périodique chez la poule.

Il est à noter que cette idée a pour conséquence celle de la pluralité des

hormones sexuelles, car il est incontestable qu'il y a des phénomènes de développement hormonique propres à chacun des sexes, dus à des substances spécifiques de l'un d'eux et qui, d'ailleurs, ne coïncident pas dans leur évolution avec les phénomènes de l'ordre de ceux que nous venons d'étudier.

CYTOLOGIE. — *Vacuome et appareil de Golgi chez les Vertébrés.* Note de M. **Marcel Avel**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans des travaux commencés en 1924, et qu'ils poursuivent, MM. Parat et Painlevé assimilent l'appareil de Golgi à un ensemble de vacuoles, très généralement indépendantes, qu'ils découvrent dans les cellules animales colorées vitalement au rouge neutre. Au moment de l'excrétion, dans les cellules glandulaires, ces vacuoles pourraient s'unir en un vague réseau, mais transitoire. En général, le réseau de Golgi serait un artifice de préparation. Il résulterait « *d'une confluence artificielle de vacuoles due à l'action du fixateur et renforcée par le dépôt d'argent ou d'osmium* » (1).

Examinons successivement les deux temps de formation de l'artifice : 1° *Les vacuoles conflueraient.* Nous avons éprouvé pendant des mois la valeur des techniques d'imprégnation métallique qu'on emploie pour révéler l'appareil de Golgi. Nous rejetons la technique de Golgi, qui débute par une mauvaise fixation. Nous employons rarement la technique de Cajal, avec laquelle la réussite n'est pas sûre. Les techniques d'imprégnation par l'osmium sont les meilleures. Nous commençons par des fixations osmiques après lesquelles tous les éléments de la cellule : noyau, mitochondries, granules variés, bordures en brosse, vacuoles, sont conservés sensiblement avec l'aspect qu'ils ont sur la cellule vivante. Les vacuoles ne confluent jamais, quels que soient leur nombre et leur taille. Exceptionnellement, lorsque plusieurs grandes vacuoles sont en contact intime, une partie des cloisons très minces qui les séparaient sur le vivant peut disparaître, mais sans que les vacuoles se déforment. 2° *L'osmium se déposerait ensuite dans les vacuoles.* La fixation des pièces est suivie d'une imprégnation osmique (séjour d'une durée variable dans une solution de OsO^4 à 2 pour 100 à l'étuve à 40°). Lorsqu'on la prolonge, l'osmium finit par se précipiter partout dans le cytoplasme, en particulier autour des

(1) *Bulletin d'Histologie appliquée*, 2, n° 2, 1925, p. 40. En italiques dans le texte.

vacuoles. Il les souligne ainsi sans jamais se déposer à leur intérieur, même dans les cas, rares, où elles ont pu entrer en communication. Les méthodes récentes d'imprégnation par l'osmium, après fixations osmiques, échappent donc aux critiques formulées par Parat et Painlevé. Les résultats qu'ont donné et donnent ces méthodes conservent leur valeur.

En ce qui concerne les méthodes de coloration vitale employées par Parat et Painlevé, l'interprétation des résultats obtenus par injection d'un colorant vital à un animal entier se heurte à des difficultés. Disons seulement que le rouge neutre n'est pas, comme le prétendent ces deux auteurs, *le colorant spécifique des vacuoles protoplasmiques* ([1]). Il colore aussi beaucoup d'inclusions solides. Dans le segment à bordure en brosse du rein, les vacuoles se colorent tardivement, longtemps après un ensemble de granules réfringents. Ces granules sont presque solides puisqu'ils peuvent avoir des angles assez vifs et que les solutions fortement hypertoniques (NaCl à 7 pour 100) ou hypotoniques (eau distillée) les contractent ou les gonflent à peine.

Nous n'accordons une valeur absolue, provisoirement, qu'à l'observation de la cellule vivante, avant que ses mitochondries aient commencé à se vacuoliser, et sans addition de colorant. Dans ces conditions, les cellules des principaux tissus des Amphibiens, par exemple, ne montrent pas toutes des vacuoles. Quand elles en renferment, on peut les distinguer, par des caractères de réfrigérence, des autres inclusions cytoplasmiques. Après nos fixations osmiques, nous retrouvons ces vacuoles, et toutes les autres inclusions cytoplasmiques, bien conservées. L'imprégnation ultérieure nous révèle d'une façon très constante l'appareil de Golgi : il ne se superpose à rien de ce qu'on pouvait voir sur le vivant.

Nous avons pratiqué ces examens sur le vivant, ces fixations et ces imprégnations, sur des amphibiens (tritons, grenouilles, crapauds) abondamment nourris ou à l'inanition, après ou sans injection de colorants vitaux. L'appareil de Golgi s'est toujours révélé indépendant, et des vacuoles, naturelles ou artificielles, et des granules solides colorables ([2]). Cet appareil, parfois en réseau plus ou moins lâche, parfois en bâtonnets séparés, apparaît d'emblée avec sa forme et ses dimensions définitives. D'abord d'un gris pâle, il devient, quand l'imprégnation progresse, de plus en plus foncé, pour aboutir au noir absolu. Dans la cellule fixée, avant l'imprégnation, sa place ne se signale par aucune tache foncée ni aucun espace clair.

([1]) *Loc. cit.*, p. 38. En italiques dans le texte.

([2]) Nous réservons la question des relations de genèse entre l'appareil de Golgi et les diverses inclusions cytoplasmiques.

La constance des images qu'on obtient, après des fixations excellentes, élimine l'idée qu'elles seraient purement artificielles. D'ailleurs, les cellules génitales des Pulmonés, qui nagent isolément dans un liquide et qu'on observe facilement dans d'excellentes conditions, montrent un appareil de Golgi très net sur le vivant (fait classique) et que nos techniques d'imprégnation par l'osmium nous révèlent sans modification sensible. Cet appareil de Golgi a des caractères trop spéciaux pour que nous généralisions ce résultat; toutefois, il est vraisemblable que les autres cellules animales, après des fixations et des imprégnations identiques, nous montrent un appareil de Golgi pas trop déformé.

En résumé : 1° La présence d'un système permanent de vraies vacuoles, remplies d'un liquide aqueux, dans toutes les cellules animales, demanderait à être établie avec plus de rigueur.

2° Les vacuoles, préexistantes ou non, que colorent le rouge neutre et les autres colorants vitaux sont, au moins chez les Vertébrés, indépendantes de l'appareil de Golgi, dont la conception classique subsiste.

ZOOLOGIE. — *Sur la morphologie et l'origine des ongles du tarse des insectes.* Note de M. **René Jeannel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Tous les morphologistes sont d'accord pour admettre que la patte des Insectes dérive du même type primitif que celle des Crustacés. Elle a donc été tout d'abord formée de huit articles, à savoir : trois du sympodite : præcoxa, coxa, basis, et cinq de l'endopodite : ischium, meros, carpos, propodos et dactylos.

Quand on compare la patte d'une larve de Coléoptère, comme celle d'un Carabique, avec le péréiopode d'un Crustacé marcheur, comme celui d'un *Asellus*, dont les divers articles ont été certainement identifiés avec exactitude, on constate que les deux appendices sont absolument superposables. Je ferai d'ailleurs la preuve de cette affirmation dans une Note ultérieure. Retenons seulement ici que l'ongle unique, terminant la patte d'une larve de *Trechus* (Coléoptère Carabique), n'est pas une simple phanère, mais est l'article terminal de l'appendice, ou dactylos lui-même. Cet ongle unique est creux, son articulation est semblable à celle des autres articles; ses mouvements sont produits par le jeu d'un muscle spécial, le long fléchisseur du tarse; sa surface enfin porte des phanères comparables aux épines dactyliennes des Crustacés Isopodes. Quand la patte des larves de Coléoptères se termine par deux ongles, ceux-ci sont souvent inégaux. Le grand ongle,

placé du côté antérieur est alors le dactylos; l'autre qui se trouve du côté postérieur est une phanère, une épine distale du propodos, spécialisée à la fonction de griffe. Cet ongle phanère est d'ailleurs très comparable au *talon du propodos* qui se trouve à la même place chez les *Asellus*.

L'ongle unique, ou l'ongle antérieur des pattes biongulées, des larves de Coléoptères représentent donc le dactylos. L'avant-dernier article de ces pattes, qui porte l'ongle, est par suite le propodos. Il faut noter que presque toujours l'extrémité distale de ce propodos porte deux épines tergales, égales, qui s'avancent au-dessus de la face tergale de l'ongle.

La patte des Coléoptères adultes se termine par un tarse de plusieurs articles, dont le dernier ou onychium est armé de deux grands ongles toujours absolument symétriques. Tous les auteurs qui ont traité de la morphologie de la patte s'accordent pour considérer cet onychium comme le dactylos, ou comme une partie apicale de ce dactylos, dont deux phanères distales se sont spécialisées pour former les ongles. Or, on va voir que cette interprétation est insoutenable.

Le dactylos, article terminal de l'appendice, a des caractères particuliers qui se retrouvent chez tous les Crustacés. Il se termine toujours par une seule phanère ou par des phanères disposées en rangée longitudinale. On ne peut pas comprendre que des phanères ainsi disposées aient pu donner deux ongles absolument symétriques, comme le sont toujours les ongles des Coléoptères.

Si l'on examine, par contre, le sommet de l'onychium de n'importe quel Ptérygote, on constate qu'il s'y trouve un petit organe qui, lui, présente tous les caractères d'un dactylos. On a souvent noté sa présence, mais sans y attacher d'importance, sauf en ce qui concerne ses adaptations. C'est lui qui devient par exemple le pulville des Hyménoptères. Pour bien en saisir la nature il faut l'examiner lorsqu'il est simplement réduit à son état d'organe rudimentaire, et c'est le cas chez les *Trechus* que je prends pour type de ma description.

Cet organe, que j'appellerai « nodule unguéal » a l'aspect d'un petit noyau de chitine pyriforme, libre et enchâssé dans une cupule apicale de l'onychium par sa partie basale renflée. Sa partie distale porte une phanère unique, en forme de languette hyaline, courte chez le *Trechus*, mais très longue chez les *Bathysciinæ*, ou même parfois bifide, quoique unique, chez les Staphylins. Cette phanère semble être un organe tactile. La face tergale du nodule est unie aux ongles, qui s'insèrent en arrière de lui, par une membrane fibreuse. La face sternale par contre est rattachée au bord distal

de l'onychium par une membrane élastique. La base du nodule unguéal enfin reçoit l'insertion du muscle long fléchisseur du tarse, dont la partie proximale s'attache dans le fémur et le long tendon traverse le tibia et le tarse sans y prendre d'insertions. La flexion des ongles est produite par le jeu de coulisse du nodule unguéal, tiré par le long fléchisseur; le mouvement antagoniste d'extension résulte de l'action de la membrane élastique.

Sans aucun doute, ce nodule unguéal est le dactylos, car il en a tous les caractères. Quant aux ongles, ce sont les deux épines distales et tergales du propodos, dont j'ai signalé ci-dessus l'existence chez la larve. Ces deux épines se sont spécialisées et substituées au dactylos pour former la terminaison de l'appendice et on peut reconstituer cette évolution de la façon suivante :

Le dactylos primitif, avec sa phanère terminale unique, s'est trouvé dans l'impossibilité de s'adapter chez l'Insecte à la fonction de griffe locomotrice terrestre. Les deux épines distales et tergales du propodos se sont alors tendues au-dessus de lui et sont venues au contact du sol par-dessus sa face tergale.

Il a dû y avoir un stade évolutif où les trois phanères, les deux épines du propodos et celle du dactylos, ont reposé toutes trois sur le sol; mais le dactylos, incapable de suffire à la fonction de griffe, est entré en régression, tandis que les deux épines du propodos prenaient sa place au sommet de la patte.

En somme, le dactylos de l'Insecte, incapable d'adapter son ongle unique à la locomotion terrestre nécessitant deux ongles, a comme renoncé à l'exercice de cette fonction au bénéfice des deux épines distales du propodos. Mais il a gardé cependant sa fonction sensitive. On ne peut pas dire que le dactylos de l'Insecte porte l'homologue de l'organe dactylien des Isopodes, mais il est remarquable que ses « lanières tactiles » soient toujours des organes sensitifs.

Le dactylos existe donc, bien reconnaissable dans le nodule unguéal de tous les Insectes Ptérygotes. D'autre part les ongles sont des phanères appartenant à la partie distale du propodos représentée par l'onychium. Cette notion est très importante, car elle permettra d'établir avec précision les homologies de tous les articles de la patte des Insectes.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la limite de l'action antagoniste du spectre et l'application des radiations de grande longueur d'ondes au traitement des radiodermites et néoplasmes.* Note de MM. **Jacques Risler** et **Paul Mondain**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Certains auteurs ont déjà signalé l'action antagoniste de l'infrarouge envers les radiations de plus courte longueur d'ondes. Des expériences concluantes ont été réalisées dans le domaine photographique et physiologique. Dans ce dernier cas nous rappelons que les tissus irradiés par une source de rayons X et soumis ensuite à l'action des infrarouges en faisceaux rasants n'ont présenté aucune radiodermite ni altération histologique.

Les observations qui ont fait l'objet de la présente Communication montrent tout d'abord que l'action antagoniste des radiations n'est pas *rigoureusement* limitée dans le spectre de l'infrarouge. Cette action s'étend en effet dans le spectre visible *jusqu'à* $\lambda = 5890$ correspondant à la raie D_2 du sodium. Nous avons effectué nos constatations en utilisant un filtre en matière plastique non chargée (phénol-formol) de 2^{mm} d'épaisseur transparent pour le jaune, le rouge et environ 55 pour 100 de l'I-R. L'arc jaillit entre deux électrodes de charbon chargés à l'oxyde de chrome et aux sels de strontium et de lithium. La source des rayons X est un tube à gaz de type focus alimenté sous 25^{cm}, d'étincelle équivalente. Les expériences ont été conduites dans l'ordre suivant :

Quatre cobayes tondus sont exposés successivement aux rayons X mous (15′) et au rayonnement filtré de l'arc (30′), deux animaux témoins sont exposés seulement aux X pendant des durées correspondantes. Le 15e jour les premiers symptômes de radiodermite se déclarent sur les témoins par un érythème suivi de desquamations, le 25e jour la pigmentation de la peau vire au brun, les poils tombent par plaques vers le 30e jour et leur chute s'accentue rapidement. L'un des 2 animaux témoins pesant 690^g au début de l'irradiation tombe à 540^g le 48e jour; les globules rouges, 5 790,000 au début, tombent à 4 780,000 et l'équilibre ne se rétablit pas. Il y a par contre hyperleucocytose, 6 800 g. b. le 1er jour et 10 000 g. b. le 48e jour *sans rétablissement de l'équilibre leucocytaire :* l'observation continue.

Au contraire, les quatre sujets traités par le faisceau filtré de l'arc n'ont présenté aucun signe de radiodermite ni altération pathologique quelconque. Leur poids s'est augmenté respectivement de 50, 60, 55 et 20^g. Les alté-

rations de la numération hémoleucocytaire ne sont *que passagères. Le rétablissement de l'équilibre normal* s'effectue environ 8 heures après l'irradiation. Il faut noter cependant que chacune des deux irradiations provoque *momentanément* un abaissement du nombre de globules rouges. Exemple au 31e jour :

	Avant X.	Après X.	Après infrarouge.
Sujet n° 4..................	5 475 000	4 800 000	4 555 000
Sujet n° 5..................	5 320 000	5 045 000	4 380 000

La deuxième série de nos observations a eu pour but le traitement des radiodermites et néoplasmes par deux méthodes différentes, 1° irradiation avec l'arc à faisceau filtré comme nous l'avons décrit plus haut; 2° exposition de la lésion au rayonnement de fluorescence et de phosphorescence en *présence d'une lumière excitatrice*.

Nous rappelons à ce sujet les constatations déjà publiées sur le lupus et le cancer par MM. Jacobson et Von Tappeiner en Allemagne ainsi que les travaux récents de Wassermann sur le traitement du carcinome de la souris par les injections d'éosine-sélénium.

Traitement des radiodermites. — Le premier animal témoin qui nous a servi dans les expériences précédentes est soumis à la seule action du faisceau filtré par notre écran. A la quatrième séance, l'amélioration est très sensible; les plaques disparaissent et les poils repoussent. Un autre sujet traité dans les mêmes conditions est guéri au bout de trois séances.

Deux autres sujets (lapins) également atteints, sont traités par une technique toute différente : la partie malade est recouverte de sulfure de zinc à phosphorogène cuivre. A chaque séance on la soumet, tout d'abord, à l'action de l'arc nu ou muni d'un filtre en verre à l'oxyde de nickel (30″). Après un temps d'arrêt, on remplace le filtre à l'oxyde de nickel par le filtre de matière plastique et l'on rapproche l'arc à 12^{cm}. Sous l'action *en coup de fouet du groupe de radiations antagonistes* la plaque de sulfure de zinc réagit en présentant des phénomènes de photoluminescence remarquables. On laisse la luminescence *s'amortir* et l'on répète les différentes opérations.

On peut ainsi, à l'aide de ces excitations *différentes* provoquer des *réactions électroniques rapides* que la plaque de sulfure de zinc enregistre parfaitement. Une double émission de radiations s'exerce immédiatement sur le tissu juxtaposé.

Nous avons constaté, chez les deux sujets ainsi traités, une amélioration *particulièrement rapide*.

Dans un ordre d'idées connexes nous avons vérifié expérimentalement la confirmation de l'extension de la loi de Stokes en ce qui concerne les rayons X mous.

Un sujet irradié (bras) par les rayons X mous à travers un écran de ZnS. phosphorescent de 3mm d'épaisseur n'a présenté *aucune altération histologique* superficielle après une durée *globale d'irradiations de* 15 heures (8000 R). Les rayons X mous semblent donc s'être transformés en radiations de longueurs d'onde supérieures (luminescence).

Nous nous sommes bornés aujourd'hui à exposer les résultats obtenus et la technique que nous avons suivie : nous continuons nos travaux en employant la même méthode pour le traitement des épithéliomas néoplasiques, en rappelant l'affinité élective que paraissent avoir certaines cellules de néo-formation pour les charges d'électricité négative et les radiations de grande longueur d'onde.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une nouvelle méthode d'extraction des alcaloïdes ou de divers composés organiques contenus dans les organes.* Note de M. **René Fabre**, présentée par M. Léon Guignard.

Au cours des recherches que nous avons entreprises sur la localisation, dans l'organisme, de divers médicaments (véronal, sulfonal, narcotine, etc.), nous avons été conduit à pratiquer de nombreuses extractions suivant la technique de Stass-Otto, modifiée par Ogier. Celle-ci, qui conduit à de bons résultats, est parfois d'une exécution assez longue et difficile et peut être avantageusement remplacée, dans bien des cas, par une méthode fondée sur la protéolyse aseptique des tissus et viscères par action diastasique.

Si l'on traite, en effet, une pulpe d'organe par la pancréatine, dans les conditions que nous allons préciser, sous l'action de la trypsine que renferme ce produit, la digestion est rapide, et l'on obtient un liquide filtrant facilement et se prêtant parfaitement aux extractions par les solvants organiques.

La technique que nous avons suivie au cours de nos recherches est la suivante :

Les organes convenablement pulpés sont délayés dans 5 parties d'eau distillée, et le mélange est porté à l'ébullition quelques instants. On laisse refroidir à 50-55°, et le produit, transvasé dans un flacon à large ouverture, est soumis à l'action de la pancréatine ajoutée au mélange dans la proportion de 1g pour 50g de pulpe. Après un

séjour de 10 à 12 heures à l'étuve à 50-55°, la protéolyse est pratiquement complète; on porte à l'ébullition et l'on sépare le résidu par centrifugation ou par filtration. Le liquide ainsi obtenu, parfaitement limpide, est traité par des solvants appropriés, soit par agitation, soit de préférence au moyen de l'appareil à épuisement continu de MM. Fayolle et Lormand, sans qu'il y ait à craindre d'émulsions tenaces, comme on en observe fréquemment, au cours de semblables manipulations. Par distillation du solvant, on obtient en général un résidu cristallisé, d'une pureté telle qu'il peut être soumis directement à l'action des réactifs caractéristiques des produits directement étudiés.

Dans le cas de différents viscères et du sérum sanguin en particulier, l'ébullition précédant l'action de la pancréatine est nécessaire afin de détruire l'antitrypsine qui s'opposerait à la protéolyse.

Dans le cas du cerveau, qui donne un liquide louche et tenant en suspension colloïdale des matières grasses et des lipoïdes, on centrifuge, on acidifie légèrement, et l'on agite avec un peu de chloroforme qui détruit l'émulsion. Après centrifugation et lavage convenable à l'eau, on obtient un liquide pouvant être soumis sans crainte d'émulsion et sans perte sensible, à l'action des solvants.

Il était nécessaire d'étudier deux points importants : à savoir l'action de la pancréatine sur les produits expérimentés et le pourcentage de substance extraite.

Les produits stables, tels que la strychnine, la narcotine, le véronal, le sulfonal, ne sont nullement altérés par cette action diastasique; les composés plus fragiles, tels que l'atropine, la cocaïne, la morphine, ont pu, de même, être caractérisés par leurs constantes physiques : point de fusion, pouvoir rotatoire.

D'autre part, en opérant avec soin, l'extraction est presque quantitative. Nos essais, qui seront décrits en détail dans un autre Recueil, ont porté sur des doses ne dépassant pas $0^g,05$ de produit étudié, mélangé à 100^g de viscères. Même si la manipulation était effectuée après une longue durée de contact du composé avec la pulpe, le rendement n'a jamais été inférieur à 80 à 85 pour 100 du poids de la substance ajoutée.

Nous avons d'ailleurs appliqué cette méthode par comparaison avec la méthode classique de Stass-Otto, modifiée par Ogier, en particulier dans le cas d'extraction du véronal des viscères d'un chien ayant absorbé 1 de ce produit. Le rendement a été meilleur et la manipulation a été beaucoup plus rapide et plus aisée, par la technique que nous proposons.

Cette méthode biochimique est susceptible de généralisation dans de nombreux problèmes très variés. Nous poursuivons actuellement nos essais par l'examen de quelques cas particuliers et par l'étude de l'application de ce procédé aux organes putréfiés, question intéressant particulièrement la toxicologie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de deux alcaloïdes dans l'*Aconitum Anthora *L.* Note de MM. **A. Goris** et **M. Métin**, présentée par M. Roux.

L'*Aconitum Anthora* L. doit son nom spécifique à ce que cette plante était considérée comme le contrepoison du « Thora » qui désignait soit le *Ranonculus Thora* L., soit l'*Aconitum Napellus* L.

L'appellation d'*Aconitum salutiferum* due à Ch. Bauhain soulignait également cette propriété antitoxique.

Cependant, certains auteurs : Hoffmann, Solier, Lobel et Prévôt prétendaient que cette espèce était aussi dangereuse que l'Aconit Napel. Aucune recherche chimique n'ayant été faite sur cet Aconit, nous avons voulu contrôler des opinions aussi contradictoires.

Pour éviter tout mélange accidentel avec l'*Aconitum Napellus* qui croît parfois dans les mêmes endroits que l'*A. Anthora*, nous avons récolté nous-mêmes cette espèce en vue de nos essais.

La plante entière (feuilles, fleurs, racines) est séchée, pulvérisée et épuisée par lixiviation avec l'alcool à 70°. La solution alcoolique est distillée et le résidu aqueux est épuisé par un mélange d'éther et de chloroforme après avoir été additionné de carbonate de soude. L'épuisement se faisant difficilement avec le mélange éthéro-chloroformique, l'extraction fut continuée au moyen du chloroforme pur.

Les solutions extractives sont distillées et le résidu est dissous dans de l'acide chlorhydrique dilué. Cette solution de chlorhydrate d'alcaloïde est purifiée par des lavages à l'éther, puis déplacée par le carbonate de soude et finalement épuisée par le chloroforme.

La substance alcaloïdique isolée est constituée par deux alcaloïdes se distinguant par leur différence de solubilité dans l'éther et le chloroforme.

Nous les avons séparés de la façon suivante :

Les alcaloïdes bruts sont dissous dans une très petite quantité de chloroforme, et cette solution est versée dans une grande quantité d'éther anhydre. Le précipité est recueilli et lavé à plusieurs reprises avec une grande quantité d'éther; on a donc un alcaloïde insoluble dans l'éther. La solution éthéro-chloroformique et les solutions éthérées de lavage sont évaporées à sec et traitées par l'éther anhydre qui dissout un nouvel alcaloïde soluble dans l'éther. A ces deux alcaloïdes, nous avons donné les

noms d'*Anthorine* pour l'alcaloïde soluble dans l'éther, et de *Pseudo-Anthorine* pour le premier, insoluble dans ce solvant.

La quantité d'alcaloïdes contenue dans la plante est approximativement de 2 pour 100 dont environ $\frac{2}{3}$ pour l'Anthorine et $\frac{1}{3}$ pour la Pseudo-Anthorine. Ces alcaloïdes ne donnent aucune réaction colorée avec les réactifs généraux des alcaloïdes (réactifs de Fröhde, Mandelin, Mecke).

On a essayé de préparer les sels, en particulier les sulfates, mais ceux-ci ont été obtenus à l'état amorphe. Le sulfate d'Anthorine qui paraissait pur avait un pouvoir rotatoire de + 15°, en solution aqueuse à 2 pour 100.

L'action physiologique de ces alcaloïdes est des plus curieuses. L'Anthorine est peu toxique. Il faut, pour provoquer la mort d'un cobaye en injecter $0^g,00005$ par gramme, soit $0^g,025$ pour un animal de 500^g. Comparée à l'action de l'aconitine, cette dose est environ 1000 fois plus forte. La dose toxique de l'aconitine étant de $0^g,00000007$ par gramme, il faut en injecter $0^g,000035$ pour tuer un cobaye de 500^g.

La Pseudo-Anthorine est plus toxique. Il faut pour amener la mort du cobaye en injecter $0^g,000012$ par gramme, soit $0^g,006$ pour un animal de 500^g. Comparée à la dose mortelle de l'aconitine, elle est 250 fois moins toxique; par contre, elle est 4 fois plus toxique que l'Anthorine.

L'Anthorine et la Pseudo-Anthorine ont comme effets physiologiques principaux : une *paralysie des membres antérieurs* de l'animal apparaissant 20 minutes après l'injection de la dose mortelle. Cette paralysie est accompagnée de légers gémissements, de tremblements et la mort survient dans un calme relatif, environ une heure après l'injection.

L'action physiologique de l'aconitine est bien différente; on constate, quelques minutes après l'injection de la dose mortelle, une *paralysie des membres postérieurs*. Cet empoisonnement se traduit en outre par de l'oppression, des spasmes violents, des hoquets accompagnés de cris particuliers analogues à des « couac » et des vomissements filants.

La mort survient dans un dernier sursaut, généralement plus prononcé que les autres.

Ces réactions physiologiques différentielles sont intéressantes à connaître, car, ces alcaloïdes n'ayant pas de réactions chimiques bien spécifiques, il est difficile dans l'état actuel de nos connaissances, de les caractériser par une autre méthode d'une façon indiscutable. Elles permettent même de déceler de petites quantités d'aconitine mélangées à l'Anthorine et à la Pseudo-Anthorine, alcaloïdes nouveaux que nous avons isolés de l'*A. Anthora* L.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Quelques données sur la nature du principe antiscorbutique dit Vitamine C.* Note [1] de M. N. **Bezssonoff**, présentée par M. Roux.

J'ai décrit en 1922 [2] une préparation antiscorbutique : le jus de chou frais, extrait par broyage, est aussitôt déféqué à l'acétate de Pb, débarrassé de Pb par précipitation à H^2S, concentré dans le vide à 35°, puis desséché en présence de H^2SO^4; toutes ces opérations effectuées en l'absence presque complète d'oxygène. Un dixième de gramme de ce produit suffit à préserver le cobaye du scorbut. Perfectionnant comme suit ce procédé, on obtient un produit beaucoup plus actif : 100 litres de jus de chou frais sont déféqués par 40 litres d'eau contenant 3200^g d'acétate de Pb et 1600^{cm^3} d'acide acétique. Le filtrat acide contenant toute la vitamine C n'est point débarrassé du Pb, mais, après concentration au quart, est amené par addition de soude à une alcalinité égale au P_H 8,2. Il se forme un précipité contenant la vitamine C. Un phénomène analogue obtenu par un procédé différent a été signalé par Zilva (1924) qui, traitant à l'acétate *basique* de Pb le jus d'orange décitraté et condensé, précipita la vitamine C. En ce qui concerne le jus de chou déféqué, le précipité obtenu par alcalinisation est dissous dans l'acide acétique à 8 pour 100. La solution contenant le facteur C est précipitée à nouveau par alcalinisation jusqu'au P_H 8,2. Le second précipité est dissous entièrement dans l'acide acétique à 8 pour 100, reprécipité et redissous comme indiqué. Le poids du premier précipité séché à 40° est de $1^{kg},5$ environ, dont 65 pour 100 de Pb; le deuxième, 1^{kg}, dont 62,5 pour 100 de Pb; le troisième, 750^g, 60 pour 100 de Pb environ. Après dilution, la solution du troisième précipité est traitée par H^2S sous pression de 180^{mm} avec brassage. Ainsi, le Pb précipite quantitativement. Le liquide est évaporé dans le vide à 25° jusqu'à consistance pâteuse, repris à l'eau distillée, évaporé à nouveau. Cette opération est répétée 4 fois.

Débarrassé ainsi de l'acide acétique, le liquide est amené à la densité de 1,1. On ajoute à 1 volume du liquide 5 volumes d'alcool à 95°; le précipité formé est séparé de la vitamine contenue dans le filtrat. Ce dernier est concentré jusqu'à consistance pâteuse, puis extrait par l'alcool absolu; l'extrait évaporé à sec est repris par l'acétone absolu et définitivement évaporé à sec.

---

(1) Séance du 16 mars 1925.

(2) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 846.

Les extraits dans l'alcool et dans l'acétone absolus donnent par évaporation des aiguilles cristallines incolores. La substance obtenue est très hygroscopique et très oxydable, elle s'altère avec facilité pendant sa conservation, ce qui entrave son étude. Deux déterminations cryoscopiques de son poids moléculaire donnèrent 200 et 230; son point de fusion en tube capillaire est 47° environ. Le produit est composé uniquement de C, O et H. L'analyse élémentaire fut faite sur un échantillon avarié, la moyenne de trois analyses donna : C = 45,57; O = 48,24; H = 6,19 pour 100. Le produit est soluble dans l'eau en toute proportion, insoluble dans les éthers, la benzine, le toluène. Ce produit s'oxydant pendant sa conservation à l'état solide, donne un quinone jaune-brun. Même phénomène si l'on concentre des solutions alcooliques ou acétoniques dans des appareils insuffisamment étanches. Ce quinone est très soluble dans l'éther acétique, moins dans la benzine, le toluène, l'alcool éthylique, peu dans l'éther éthylique, *insoluble dans le chloroforme*, soluble dans les acides et alcalis concentrés. En diluant d'eau la solution acide, le quinone précipite en flocons brun-jaunes. La couleur des solutions dans les acides est rouge-cerise, ne virant pas à la dilution, et pourpre dans les alcalis avec le quinone isolé aussitôt après sa formation; jaune dans les autres cas. L'acide sulfureux le réduit. Je remercie M. Brisemoret d'avoir examiné ce quinone qu'il désigna : quinone phénolique anthracénique. Il nota que le papier-filtre, imprégné d'une solution alcoolique de ce quinone, est coloré par les vapeurs ammoniacales et décoloré par l'évaporation de NH^3. En traitant à froid une solution alcoolique de vitamine C avec H^2SO^4 concentré, la solution incolore vire au rouge, et il se forme aussi un quinone.

La solution aqueuse de vitamine C ne donne pas de réaction avec mon réactif ([1]), ni avec le perchlorure de fer. La conservation à l'air de solutions aqueuses, le chauffage de ces solutions faiblement acidulées, toute opération qui engendre le quinone, communique au produit la faculté de donner la réaction bleue des ortho et paradiphénols avec mon réactif et la réaction verte avec le perchlorure de fer, réaction de la pyrocatéchine. La préparation fut éprouvée sur des cobayes. On mélangea dans une caisse desséchante 1^{g} de produit et 99^{g} de saccharose sec; une dose contenant 2^{mg} de cette vitamine fut après dissolution ajoutée au son et donnée au cobaye traité; le témoin recevant le même mélange sans vitamine. Le régime de base était : 60^{cm^3} de lait autoclavé, 1 heure à 120°, avoine additionnée

([1]) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 466; *Bioch. Journ.*, 17, 1923, p. 422.

de 4 pour 100 de levure sèche, 1 goutte d'huile de foie de morue, de la paille autoclavée, 2 heures à 120°, de l'eau. Afin de sélectionner 5 cobayes absorbant régulièrement le son vitaminé, l'épreuve débuta sur 20 traités de 500 à 600g environ. Dix témoins de même poids furent divisés en deux lots, expérimentés successivement. Les dix-neuf premiers jours tous les cobayes absorbaient entièrement le son, l'augmentation moyenne des traités fut + 110g, celle des témoins premier lot + 15g; deuxième + 10g. Ensuite, pendant 11 jours, on cessa la vitamine C aux traités. Au 30e jour, l'augmentation des traités était de 44g; celle des témoins vivants du premier lot moins de 80g, du deuxième moins de 77g,5. Les traités commençant à délaisser le son, on en choisit 5 qui le prenaient le mieux, et l'on recommença à ajouter la même dose de vitamine. Au 63e jour, quatre cobayes traités pesaient 85, 54, 15 et 5g de plus que leurs poids initial; le cinquième qui ne prenait pas le son : — 40g. Le premier lot témoin succomba du 30e au 40e jour; le deuxième du 21 au 36e. Leur perte moyenne fut 212 et 186g. On poursuivit l'expérience jusqu'au 73e jour avec deux cobayes qui prenaient bien le son; à ce jour leur poids accusait un excédent de 75 et 15g.

Conclusions. — A partir du jus de chou frais traité à l'abri de l'oxydation, on obtient une substance cristallisant en aiguilles dans l'alcool absolu et l'acétone. Ce produit préserve les cobayes du scorbut à des doses journalières inférieures à 2mg. C'est un hydrocarbone donnant un dérivé aux réactions de l'orthodiphénol. L'oxydation de cette substance donne un quinone qui semble être phénolique anthracénique.

MICROBIOLOGIE. — *Bacilles pyocyanoïdes de la variété mélanogène.* Note de M. C. Gessard, présentée par M. Roux.

Je me suis proposé d'obtenir des bacilles pyocyanoïdes de la variété mélanogène. Les bacilles pyocyanoïdes sont des bacilles pyocyaniques qui ont perdu le pouvoir de faire de la pyocyanine dans les milieux propices à cette fonction spécifique.

La variété mélanogène, M, comprend les germes pyocyaniques qui font en eau peptonée un pigment noir prédominant sur la pyocyanine habituelle [1]. Le bacille pyocyanique mélanogène doit fournir le pyocyanoïde

[1] *Variété mélanogène du bacille pyocyanique* (*Ann. Inst. Pasteur*, 15, 1901, p. 817).

correspondant comme les bacilles des variétés achromogène et érythrogène ont fait leurs pyocyanoïdes respectifs (¹).

La glycérine m'a servi naguère à réaliser le pyocyanoïde érythrogène. M. Jean Blanc, de son côté, a vu des bacilles pyocyaniques dégradés par la glycérine jusqu'à la perte de leur pouvoir gélatinolytique (²). La glycérine apparaît donc comme un puissant agent de dégradation des bacilles pyocyaniques. Au moins à dose élevée; car, en petite quantité, elle est favorisante, comme dans le réactif gélose-peptone glycérinée. J'ai, pour ma nouvelle recherche, employé le milieu peptoné, solide ou liquide, glycériné au taux extrême compatible avec le développement du microbe. J'y multipliai les passages en série d'un bacille mélanogène de race S. J'en tirai finalement et je propage, désormais invariable dans les divers milieux, un germe de même race, c'est-à-dire ne produisant pas de pigment, pyocyanique ni vert fluorescent, en bouillon, et qui ne donne plus de pyocyanine en eau peptonée, gélose-peptone glycérinée, pomme de terre glycérinée, blanc d'œuf coagulé glycériné. Pour caractériser le pyocyanoïde cependant, nécessaire et suffisante est l'absence de pyocyanine dans les cultures du germe en bouillon, eau peptonée, gélose-peptone glycérinée, les trois milieux où s'identifient avec leurs races et leurs variétés tous les représentants actuellement connus de l'espèce pyocyanique (³); où d'ailleurs recourt en premier tout essai de diagnose microbienne.

Le nouveau bacille pyocyanoïde a subi du traitement par la glycérine l'effet qu'on avait déjà constaté et que j'ai rappelé plus haut : il a perdu le pouvoir gélatinolytique. Le sérum empêchant de ce pouvoir (⁴) n'a donc pas ici son emploi pour identifier les pyocyanoïdes en les assimilant aux pyocyaniques. Or des germes aussi dégradés pourront se rencontrer dans la nature. Ils n'auront plus pour être caractérisés pyocyanoïdes, dégénérés pyocyaniques authentiques, ni l'appui de la réaction humorale qui a servi jusqu'ici, ni le contrôle assidu de l'expérimentateur qui s'exerçait dans le cas présent. Quoi qu'il en soit, on inclinera justement au classement pyocya-

---

(¹) *Sur les bacilles pyocyanoïdes* (*Comptes rendus*, 170, 1920, p. 298). — *Variétés de bacilles pyocyanoïdes* (*Ibid.*, 174, 1922, p. 130).

(²) Jean Blanc, *Transformation de bacilles pyocyaniques en bacilles sans pigment...* (*C. R. Soc. Biol.*, 88, 1923, p. 52).

(³) *Technique d'identification des germes pyocyaniques* (*Ann. Inst. Pasteur*, 34, 1920, p. 88).

(⁴) L. Launoy, *Sur l'antiprotéase du bacille pyocyanique* (*C. R. Soc. Biol.*, 82, 1919, p. 263); *Les sérums protéasiques...* (*Ann. Inst. Pasteur*, 34, 1920, p. 249).

noïde, quand des bacilles, non identifiés par ailleurs, présenteront quelque caractère des bacilles pyocyaniques comme aspect des germes, odeur des cultures, pigment d'ordinaire associé à la pyocyanine, soit vert fluorescent, noir ou rouge, avec la présomption que suggèrent les deux derniers en faveur des variétés pyocyanoïdes correspondantes.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur les rapports entre l'état physico-chimique des humeurs et les phénomènes d'ossification et de décalcification.* Note [1] de MM. **Léon Blum**, **Maurice Delaville** et **van Caulaert**, présentée par M. Widal.

L'étude des modifications humorales au cours de l'ostéomalacie et du rachitisme nous a amenés à examiner les relations existant entre l'état physico-chimique du sang et les phénomènes d'ossification et de décalcification ; elle nous a permis de dégager les principes suivants :

1° L'ossification et la conservation de la structure osseuse sont réglées par un équilibre acide base du sang avec prédominance des bases, tel qu'il existe chez le sujet normal.

2° Tout déplacement de cet équilibre du côté acide, c'est-à-dire tout état d'acidose entraîne des altérations du squelette ; s'il s'agit d'os en voie de formation, il y a arrêt de l'ossification ; s'il s'agit d'os déjà formés, il y a désintégration osseuse se traduisant par une décalcification.

L'explication de ce phénomène est la suivante :

Le tissu osseux peut être considéré comme une charpente albuminoïde (tissu ostéoïde) imprégné par du carbonate neutre de chaux et par du phosphate tricalcique. Du processus d'ossification, encore mal connu dans son intimité, nous ne retiendrons que les deux étapes qui sont le mieux étudiées : la première dans laquelle le calcium du sang vient se fixer sur le tissu ostéoïde et la dernière où il y a précipitation à l'état de calcaire insoluble. Il est facile de constater que chacune de ces deux étapes est liée à un équilibre acide base du sang avec prédominance des bases et qu'elles ne peuvent être réalisées quand il y a état d'acidose.

La première étape de l'ossification est la fixation du calcium sur l'albumine du tissu ostéoïde ; or cette fixation n'est possible que si les albumines ont un caractère acide ; il faut pour cela que la réaction du milieu tissulaire soit dans le sens de l'alcalinité par rapport au point isoélectrique de la protéine.

(1) Séance du 5 janvier 1925.

Or les tissus ont par rapport au sang une réaction plus acide, qui est due à la présence de CO^2 et des autres acides provenant du métabolisme tissulaire. Un passage du calcium du sang aux tissus est impossible aussi longtemps que cette réaction tissulaire est plus fortement acide que la réaction sanguine. Ce n'est que le départ des acides tissulaires vers le sang qui peut assurer le changement de réaction indispensable au passage du calcium sur les protéines du tissu ostéoïde. Ce départ d'acides peut se faire si le sang a une réaction à prédominance basique et est ainsi susceptible de recueillir et de neutraliser les acides tissulaires. A la suite du départ de ces acides l'alcalinité du tissu cellulaire augmente, les protéines acquièrent leur caractère acide et peuvent se combiner au calcium du sang.

Ce sont là des conditions tout à fait analogues à celles qui assurent la formation de calcium colloïdal dans le sang.

S'il y a au contraire acidose sanguine, les acides tissulaires, en particulier le CO^2, ne sont pas suffisamment neutralisés : l'acidité tissulaire se maintient, les albumines gardent leur caractère basique et elles sont incapables de fixer le calcium. Il faut donc une prédominance de bases dans le sang pour que la fixation du calcium sur les colloïdes du tissu ostéoïde soit possible.

La nécessité d'un tel équilibre acide base avec prédominance basique n'est pas moins évidente pour la dernière phase du processus d'ossification : la précipitation à l'état de calcaire basique ne peut se produire s'il y a le moindre excès d'acide. S'il y a état d'acidose les sels calciques redeviennent solubles et il se produit la décalcification.

On conçoit que cette influence de l'équilibre acide base exerce une action différente selon qu'il s'agit de tissu osseux en voie de formation ou d'os déjà formés. Pour le tissu osseux en voie de formation l'acidose empêche l'ossification dès sa première étape : c'est ce qui se produit dans le rachitisme. En présence du tissu osseux définitivement constitué, l'acidose produit la décalcification : c'est le processus que nous rencontrons dans l'ostéomalacie, dans le diabète grave avec acidose; on l'a réalisé expérimentalement chez l'animal et dans un but thérapeutique chez l'homme. Il est également la cause des altérations squelettiques au cours de la grossesse où il y a acidose.

M. **Eugène Turpin** rappelle qu'il a proposé dès 1891 de construire un gros électro-aimant pour étudier *l'action* possible *du magnétisme sur les réactions chimiques*, et pris un brevet à ce sujet.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 9 mars 1925.)

Note de M. *Charron*, Résultantes des pressions de radiation sur les parois d'une cavité quelconque :

Page 734, ligne 16, *au lieu de* Les forces $\varphi = u\,ds$ et f_1, *lire* Les forces $\varphi = ur\,ds$ et f_1.

Note de M. *H. Rosset*, Sur le chlorazoture de phosphore :

Page 750, ligne 15, *au lieu de* 4Cl au $\frac{1}{10}$, *lire* HCl au $\frac{1}{10}$.

Note de MM. *Marcel Godchot* et *Pierre Bedos*, Sur les deux diméthyl-13-. cyclohexanones-4 et les diméthylcyclohexanols correspondants :

Page 754, lignes 18 à 21, *au lieu de :* mais un mélange (ébullition, 173°-175°, corr.) de deux alcools *cis* et *trans*, l'un peu soluble dans l'alcool éthylique, dérivant de l'alcool décrit ci-dessus, l'autre beaucoup plus soluble, fusible à 135°-136°, provenant de l'alcool stéréoisomère, *lire :* mais un mélange (ébullition 173°-175°, corr.) des deux alcools *cis* et *trans*, car l'action de l'acide cyanurique engendre deux allophanates, l'un, peu soluble dans l'alcool éthylique, fusible à 149°, correspondant à l'alcool décrit plus haut, l'autre, beaucoup plus soluble, fusible à 135°-136°, provenant de l'alcool stéréoisomère.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 MARS 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

CÉRÉMONIES.

Au début de la séance, la médaille frappée à l'effigie de *Henri Poincaré*, grâce à une souscription ouverte en 1914, est remise à M[me] V[ve] Henri Poincaré et à M. le Président Raymond Poincaré.

M. le **Président** s'exprime d'abord en ces termes :

Madame,
Monsieur le Président,

La Commission internationale du fonds Poincaré a voulu consacrer par une médaille la mémoire de l'homme illustre qui voua son activité, son esprit et son cœur au service de la Science.

En acceptant de recevoir cette médaille ici, au milieu de nous, en pleine séance académique, vous avez donné à notre Compagnie un témoignage d'estime dont elle est fière.

J'ajoute qu'elle en est profondément heureuse : car son autorité doit beaucoup au mathématicien de génie qui fut l'un des vôtres, et nulle part on ne saurait s'associer aux sentiments intimes de votre famille comme dans cette enceinte où l'on ne prononce jamais sans respect le nom de Poincaré, synonyme de tous les dévouements à la Patrie.

L'Académie est très sensible à l'honneur que vous lui faites en ce jour, elle vous en remercie par ma bouche et, en son nom, je vous souhaite la plus cordiale bienvenue.

M. P. Appell prend ensuite la parole :

Madame,
Monsieur le Président,
Mes chers Confrères,

Au début de 1914, un Comité que j'ai eu l'honneur d'être appelé à présider, et qui comprenait les très éminents et regrettés secrétaires perpétuels Etienne Lamy et Gaston Darboux, prit l'initiative d'ouvrir une souscription destinée à frapper une médaille à l'effigie d'Henri Poincaré, et à constituer un fonds dont les arrérages seraient employés par l'Académie des Sciences à encourager ou à récompenser de jeunes savants qui s'occupent des parties de la science dont le génie d'Henri Poincaré a assuré le progrès : l'analyse mathématique, la mécanique céleste, la physique mathématique, la philosophie scientifique.

Les souscriptions affluèrent aussitôt, mais furent brusquement interrompues, pour ne jamais reprendre, par la déclaration de la guerre. Et le Comité ne recueillit qu'une faible partie des sommes sur lesquelles il pouvait compter.

Longtemps nous avons attendu, espérant le retour aux prix d'avant-guerre.

Nous apportons aujourd'hui ce que nous pouvons. Il a fallu renoncer à remettre aux souscripteurs la médaille du format qui avait été conçu d'abord par M. Prud'homme, l'artiste distingué à qui l'histoire des sciences doit déjà plusieurs documents remarquables. Grâce à son concours dévoué, une médaille plus petite, belle réduction du projet primitif, sera distribuée.

Cependant, il a pu être tiré de la grande quelques exemplaires d'honneur que je vais remettre à vous, Madame, à votre illustre cousin, M. le Président Poincaré, à notre Académie enfin que votre cher Mari aimait si passionnément, et qui était la tribune d'où se répandait dans le monde sa géniale pensée.

Pour la réalisation de la deuxième partie du programme, le reliquat de la souscription est nettement insuffisant. Nous l'avons remis à l'Académie qui le conservera fidèlement et qui, ne pouvant, avec de si faibles ressources, encourager ou récompenser *annuellement* de jeunes savants, utilisera les fonds à échéance plus lointaine, en donnant la médaille en or, comme très haute récompense, à des mathématiciens éminents.

Dans l'espoir de trouver encore les moyens de faire mieux, j'adresse un

appel à ceux que les circonstances seules, ou le manque d'information ont empêché de prendre part à la souscription. Leur contribution sera reçue avec reconnaissance. Ils peuvent la remettre à notre trésorier, M. Pierre Gauja.

Et maintenant, je veux saisir cette nouvelle occasion de rendre à la grande mémoire du condisciple, collègue, confrère, ami, que fut pour moi Henri Poincaré l'hommage de mon admiration toujours grandissante pour l'œuvre où, pendant des siècles, savants et penseurs pourront trouver la source de recherches nouvelles.

M. le **Président** remercie M. **P. Appell** de la remise qui a été faite à l'Académie du reliquat de la souscription.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard** présente dans les termes suivants les volumes 14 et 15 de l'*Histoire de France* de M. Hanotaux :

Je dépose sur le Bureau de l'Académie les tomes 14 et 15 de l'*Histoire de la Nation française*, publiée sous la direction de M. Gabriel Hanotaux ; ils sont consacrés aux sciences mathématiques, physiques et biologiques. C'est la première fois que, dans une histoire de France, l'histoire des sciences est traitée avec une telle ampleur. Les sciences mathématiques ont été étudiées par notre confrère M. **Henri Andoyer** et par M. **Pierre Humbert**, la Physique par M. **Charles Fabry**, la Chimie par M. **Albert Colson**. M. **Maurice Caullery** a traité des sciences biologiques, et M. **René Lote** de la philosophie des sciences. J'ai écrit une introduction générale à ces deux volumes.

C'est une entreprise difficile que d'écrire l'histoire des sciences mathématiques, physiques et naturelles. On rencontre à ce sujet dans trop de livres beaucoup de légendes, ainsi que des fausses attributions et des silences parfois intentionnels. Le travail scientifique est en grande partie un travail collectif et l'éclosion des idées en apparence les plus originales n'est souvent que l'aboutissement de longs efforts antérieurs. Aussi la difficulté est-elle grande de rendre à chacun la justice qui lui est due.

On peut envisager l'histoire des sciences à un autre point de vue, en se préoccupant de tracer un tableau fidèle de l'évolution historique de la science, s'intéressant moins aux hommes qu'aux méthodes et aux résultats. Dans cet ouvrage consacré à l'histoire de France, il ne pouvait être question de se placer systématiquement à un seul de ces points de vue. On s'y est proposé de donner un tableau exact du développement scientifique des trois derniers siècles, en s'attachant surtout aux savants français et à leur œuvre, de manière à montrer le rôle de notre pays dans l'édification de la science moderne.

L'histoire des sciences est un des beaux chapitres de l'histoire de l'esprit humain. L'ensemble si varié des points de vue qui s'y présentent a une valeur hautement éducative, et il est permis de souhaiter que, dans notre enseignement secondaire, quelque place soit, vers la fin des études, réservée à cette histoire trop négligée en France. L'histoire des sciences peut devenir un grand ferment de vocation, et c'est dans ce sens que l'œuvre présente a été écrite.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations intégrales singulières.* Note de M. **Émile Picard**.

1. J'ai indiqué autrefois [1] un exemple très simple d'équation intégrale singulière, du type de l'équation de Fredholm, où la nature analytique de la solution par rapport au paramètre λ figurant dans l'équation dépend de la fonction placée dans le second membre. C'est l'équation

$$u(x) - \frac{1-\lambda}{2}\int_{-\infty}^{+\infty} u(\xi)\, e^{-|x-\xi|}\, d\xi = f(x), \tag{E}$$

dont la solution est donnée par

$$u(x) = f(x) + \frac{1-\lambda}{2\sqrt{\lambda}}\int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi)\, e^{-|x-\xi|\sqrt{\lambda}}\, d\xi, \tag{1}$$

où l'on suppose que λ n'est pas une constante réelle négative, et où $\sqrt{\lambda}$ a sa partie réelle négative (suivant l'usage $|a|$ représente la valeur absolue de a).

La nature analytique de $u(x)$ regardée comme fonction de λ dépend essentiellement de la fonction $f(x)$, qui est dans le second membre de (E). La fonction de λ, représentée par l'expression (1), peut, suivant les cas,

(1) *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, 28, 1911, p. 313.

avoir des coupures naturelles ou artificielles et des singularités très variées.

2. Voici un autre exemple d'équation intégrale singulière, différant à un autre point de vue de l'équation de Fredholm. Soit l'équation

$$f(x)+\lambda\int_0^{\infty}\cos(xy)f(y)\,dy=\varphi(x).$$

On trouve aisément la solution qui est

$$f(x)=\frac{2\lambda\int_0^{\infty}\cos(xy)\,\varphi(y)\,dy-2\varphi(x)}{\pi\lambda^2-2}.$$

Comme dans le cas classique, $f(x)$ est méromorphe en λ. On a les deux valeurs singulières

$$\lambda=\pm\sqrt{\frac{2}{\pi}}.$$

Mais ici l'équation sans second membre, correspondant à l'une ou l'autre de ces valeurs singulières, a une infinité de solutions distinctes. Ainsi, envisageons l'équation sans second membre

$$f(x)+\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^{\infty}\cos(xy)f(y)\,dy=0.$$

Elle admet les solutions en nombre infini

$$\int_A^B\left[e^{-ax}-\frac{a}{x^2+a^2}\sqrt{\frac{2}{\pi}}\right]\psi(a)\,da,$$

a désigne une variable positive; A et B sont deux constantes positives quelconques, et $\psi(a)$ est une fonction arbitraire. Une circonstance analogue se présente pour la seconde valeur singulière.

On sait que, dans l'équation régulière de Fredholm, il n'y a au contraire qu'un nombre limité de solutions distinctes correspondant à une valeur singulière.

GÉODÉSIE. — *Sur un prétendu affaissement du sol de la France.* Note de M. **Ch. Lallemand.**

Dans sa séance du 14 janvier 1922, l'Académie des Sciences de Bavière a reçu d'un de ses membres les plus compétents, M. Schmidt, professeur

de Géodésie à l'École Polytechnique de Munich, au sujet de récents et larges mouvements de l'écorce terrestre (!) qui affecteraient toute la France septentrionale, une sensationnelle communication dont je viens seulement d'avoir connaissance.

En 25 ans, a-t-il dit, le sol français aurait subi un affaissement progressif, croissant du Sud au Nord, depuis Marseille, où il est nul, jusqu'à Brest et à Lille, où il atteint 1^{m} environ. La vitesse moyenne de ce mouvement serait d'à peu près 25^{mm} par an.

Cette constatation ressortirait de la confrontation des deux grands réseaux du nivellement général de la France, exécutés, le premier, de 1857 à 1864, par Bourdalouë, et le second, de 1884 à 1893, sous la direction de Ch. Lallemand.

Au point de vue de l'exactitude, la première de ces opérations satisfait aux conditions fixées à Berlin, en 1867, par l'Association géodésique internationale, pour la mesure correcte des mouvements de l'écorce terrestre, tandis que la seconde rentre largement dans les limites d'erreurs établies à Hambourg, en 1912, par la même Association, pour les nivellements de haute précision.

En raison de leur grandeur et de leur régularité, les discordances relevées entre les altitudes, anciennes et nouvelles, d'un très grand nombre de repères communs aux deux réseaux, ne sauraient être attribuées à des erreurs systématiques de l'une ou de l'autre opération; elles ne peuvent s'expliquer que par un lent et progressif affaissement du sol, dont la relation avec la structure générale du pays se manifeste d'ailleurs clairement à la seule inspection d'une carte où ces dénivellations se trouvent graphiquement figurées par des lignes d'égales cotes (2).

Le mouvement général affecterait, en gros, la forme d'une auge, dont le fond suit la vallée du Rhône, tandis que les bords se relèvent, d'une part, sur les contreforts des Alpes et du Jura, et, de l'autre, sur le Plateau Central, depuis le pied des Pyrénées jusqu'au littoral de la Manche.

Le 4 février suivant, devant la même Académie, dans une Note intitulée « *Remarquables affaissements du sol de la France* » (3), un géologue estimé, le professeur Emmanuel Kayser, commentait ainsi la découverte faite par son confrère :

Absolument comme vous, dit-il, j'estime que les discordances relevées, en France, entre les anciennes et les nouvelles altitudes, ne peuvent aucunement tenir à des

(1) M. SCHMIDT, *Neuzeitliche Erdkrustenbewegungen in Frankreich* (*Sitzungsberichte der math.-physik. Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften*; München, 1922, fasc. 1, p. 1).

(2) En ce qui touche les lignes en question, cette carte est l'*exacte reproduction* de celle ci-après (*fig.* 1), extraite de mon Rapport de 1898 à l'Association géodésique internationale (*Conférence de Stuttgart*, *C. R.*, Annexe B, IV^b, p. 427, fig. 10).

(3) E. KAYSER, *Merkwürdige Senkungen des Bodens von Frankreich* (*Sitzungsberichte*, etc., *op. cit.*, p. 51).

erreurs d'observation. Elles fournissent au contraire la preuve manifeste d'un fait très important, à savoir que la grande zone tertiaire plissée des Alpes et des Pyrénées est demeurée stable — les Alpes présenteraient même un léger soulèvement — pendant que le reste du sol de la France subissait un affaissement de grandeur croissante à mesure qu'on se rapproche de la mer du Nord.

Ceci concorde d'ailleurs absolument avec le fait, depuis longtemps connu, de l'affaissement séculaire de la côte septentrionale française et du littoral néerlandais, affaissenent dont l'origine remonte à l'époque postglaciaire et qui persiste encore aujourd'hui.

Très importante est, d'autre part, la forte inflexion vers le Sud que les courbes d'égale subsidence, dirigées, en général, de l'Est à l'Ouest, montrent dans les vallées de la Saône et du Rhône, entre Dijon et Montpellier, c'est-à-dire dans cette large dépression qui, entre les Alpes ou le Jura et le Plateau Central, forme une parfaite réplique de notre fosse du Rhin moyen.

Les données sur lesquelles s'appuient les conclusions qui précèdent, ajoute le professeur Schmidt, sont extraites des nombreuses publications à ce sujet, insérées dans les *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences de Paris, et dans les *Procès-verbaux des Conférences annuelles de l'Association géodésique internationale*.

Ces conclusions méritent donc, selon lui, une absolue confiance.

Le malheur veut que, si les données en question sont exactes, les savantes déductions que l'on en a tirées soient complètement dénuées de base, la condition essentielle, rappelée par M. Schmidt lui-même, à savoir que les discordances constatées ne puissent être attribuées à des erreurs d'observations, se trouvant démentie par les faits, de la manière la plus nette, comme il eût été facile à M. Schmidt de s'en convaincre s'il avait lu avec plus de soin les documents auxquels il se réfère.

Le problème qu'il a cru résoudre est, en effet, celui-là même qui se trouve énoncé dès les premières lignes de la Note présentée par moi, dès l'année 1886, à l'Association géodésique internationale, sur les travaux du Service du Nivellement général de la France [1].

« Le nouveau réseau fondamental, disais-je, permettra de rectifier le réseau Bourdalouë et de mesurer, par la comparaison des altitudes anciennes et nouvelles des points de croisement des deux réseaux, les mouvements lents du sol. »

Dans une Note présentée à l'Académie des Sciences de Paris, le

---

[1] *Comptes rendus de la VIIIe Conférence générale de l'Association géodésique internationale, tenue à Berlin, en octobre* 1886 (Annexe V^a, p. 130).

20 août 1888 ([1]), et intitulée : « *Lois provisoires de l'affaissement d'une portion du sol de la France* », le colonel Goulier, faisant état des différences relevées entre les altitudes des points communs aux deux opérations, pour la partie alors exécutée du nouveau réseau fondamental, émettait, « *mais en se tenant dans une réserve prudente, motivée par la possibilité d'erreurs systématiques inconnues* (*sic*) », l'avis que ces différences pouvaient être attribuées à des mouvements du sol, survenus dans l'intervalle des deux nivellements.

En présentant à mon tour ces résultats, la même année, à l'Association géodésique internationale ([2]), je disais ceci : « Vu son importance et son allure relativement régulière, la discordance (de 70^{cm}, relevée, à Lille, entre l'ancienne et la nouvelle altitude) paraît difficilement attribuable à des erreurs accidentelles de l'une ou de l'autre opération » ; mais, quelques lignes plus loin, j'ajoutais : « La valeur de cette hypothèse sera mise ultérieurement à l'épreuve en comparant, dans les ports où se poursuivent des observations marégraphiques, l'affaissement ou l'exhaussement du sol, qui expliquerait l'écart des deux nivellements, avec celui directement accusé par la variation du niveau moyen de la mer dans l'intervalle des deux opérations. Nous indiquerons, plus tard, les résultats de cette étude complémentaire, notamment quand nous aurons atteint Brest, point d'une importance particulière, où le niveau de la mer se trouve déterminé, avec une grande précision, par la moyenne d'une quarantaine d'années d'observations faites à l'aide d'un appareil enregistreur. »

Or, d'après le diagramme (*fig.* 1) de ces observations ([3]), le niveau moyen à Brest, durant cette période, est demeuré stationnaire, à 3 ou 4^{cm} près, en plus ou en moins.

La même constatation ayant été faite à Marseille, on pouvait avec certitude en conclure que, dans ces deux localités, le sol, durant l'intervalle, n'avait pas subi de mouvement appréciable.

Mais, alors que le nivellement de Bourdalouë faisait ressortir une dénivellation de 1^{m} environ entre l'Océan à Brest et la Méditerranée à Marseille, le nouveau nivellement général, en 1889, n'assignait plus au niveau moyen de Brest qu'une altitude de $0^{m},17$ au-dessus du niveau moyen de Marseille.

([1]) *Comptes rendus*, t. 107, 1888, p. 439.

([2]) *C. R. Assoc. géodés. internat.*, *Session de Salzbourg*, 1888 (Annexe II^{d}, p. 35).

([3]) *Comptes rendus de l'Assoc. géodés. internat.*, *Conférence de Budapest*, 1906, (vol. 1, Annexe A. XIV^{b}, p. 286, fig. 2).

Cette dernière valeur, ajoutais-je (¹), « paraît en contradiction avec la valeur correspondante fournie par le nivellement Bourdaloué. La discordance a été reconnue tenir à des erreurs systématiques de cette dernière opération ».

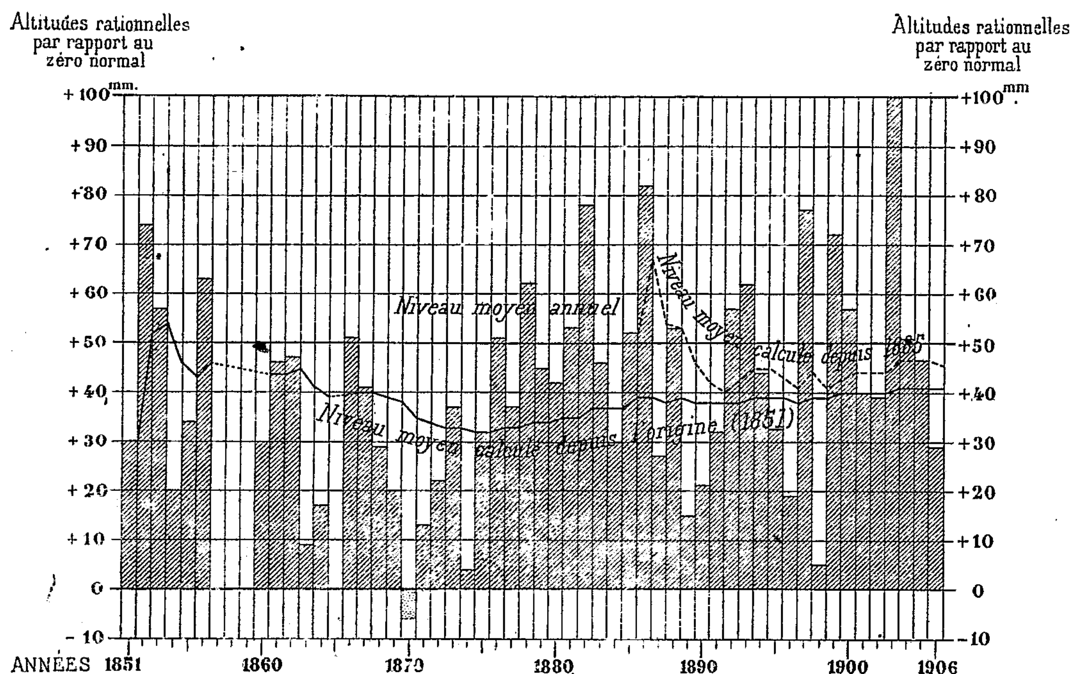


Fig. 1. — Variation du niveau moyen de l'Océan à Brest d'après le marégraphe établi dans ce port.

Cette constatation ruinait entièrement l'hypothèse d'un affaissement du sol, entre Marseille et Brest, dans l'intervalle des deux nivellements et, dès lors, rien n'autorisait plus à l'adopter pour expliquer les différences de hauteurs relevées, sur le reste du territoire, entre les deux opérations.

En 1898, j'ai présenté à l'Association géodésique internationale divers diagrammes, figurant les corrections à apporter aux altitudes Bourdaloué, pour mettre ces dernières en harmonie avec celles résultant du nouveau nivellement général. Parmi eux figure, notamment, le diagramme ci-après (*fig.* 2) (²), dont les courbes sont celles-là mêmes qui se trouvent exac-

(¹) *C. R. Assoc. géodés. internat.*, *Conférence de Paris*, 1889 (Annexe B, XVIII^b, p. 8).

(²) Voir *C. R. Assoc. géodés. internat.*, *Conférence de Stuttgart*, 1898 (Annexe B, IV^b, p. 427, fig. 10).

tement reproduites dans la carte annexée à la Note de M. Schmidt et qui sont données par lui comme étant des « Lignes d'égal affaissement du sol

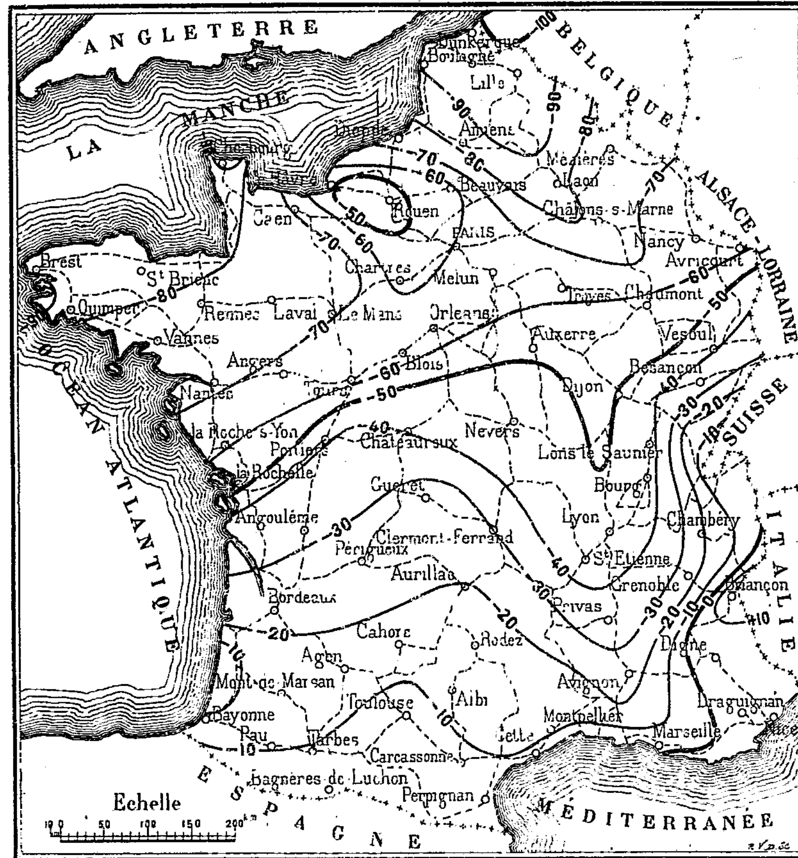


Fig. 2. — *Corrections d'après le nouveau nivellement général, des altitudes Bourdalouë rectifiées par le colonel Goulier.*

----- Lignes du nivellement de Bourdalouë.

——— Courbes d'égales discordances entre les altitudes des repères Bourdalouë, rectifiées par le colonel Goulier, et les altitudes orthométriques des mêmes repères, d'après le nouveau nivellement général.

Les cotes inscrites sur les courbes expriment, en centimètres, les corrections.

de la France », alors que, pour ma part, j'avais cru devoir, à propos, ajouter l'observation essentielle ci-après :

« L'importance de ces écarts dépasse très notablement celle des corrections orthométriques (maximum $0^{m},10$) dont on n'avait pas tenu compte dans le calcul des altitudes anciennes; elle dépasse encore de beaucoup les résultantes de ces corrections, combinées avec les erreurs accidentelles de deux

nivellements et avec les erreurs systématiques du nouveau réseau. *Les discordances en question doivent donc être attribuées surtout à des erreurs systématiques* (¹) *affectant les opérations de Bourdaloué.* »

La même conclusion se trouve reproduite et confirmée, plus nettement encore, dans mes Rapports de 1900 (²) et de 1906 (³) à l'Association géodésique internationale.

Le simple exposé qui précède suffit à montrer avec quelle légèreté ont été présentées, comme vérités établies, de simples hypothèses, qu'une étude un peu plus attentive des faits eût montré n'être que de pures illusions.

GÉODÉSIE. — *Champ de gravitation extérieur, et densités internes.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

1. Lorsque des masses newtoniennes sont toutes contenues à l'intérieur d'une surface fermée, on sait depuis longtemps que le champ de gravitation extérieur est entièrement déterminé si l'on connaît sur toute la surface, soit le potentiel, soit la composante normale de la force.

Cela implique que le même champ extérieur peut être obtenu par une infinité de distributions internes de la même masse totale.

Le champ de gravitation extérieur, seul accessible aux mesures, ne détermine que quelques caractères de la distribution des masses internes, mais laisse subsister une indétermination pour ainsi dire infinie.

C'est une propriété que les géodésiens, et surtout leurs lecteurs géologues, laissent un peu trop dans l'ombre, dans toutes les études modernes sur l'*isostasie*. Il en est de même des prospecteurs de mines qui utilisent les admirables appareils d'Eötvös.

En géodésie, l'intensité de la pesanteur correspond à la dérivée normale du potentiel, les déviations de la verticale équivalent à la connaissance du potentiel, sur l'ellipsoïde conventionnel de référence (partout très voisin de la surface de niveau réelle). Les dérivées secondes du potentiel, fournies par les appareils d'Eötvös et la balance de Jolly, précieuses pour les études

(¹) Comme exemple de telles erreurs, on peut citer celle de $0^{mm},26$ par mètre des mires de Bourdaloué, décelée, en 1906, sur la ligne de Modane au col du mont Cenis, dont l'altitude (2083^{m}) se trouvait, de ce chef, indûment diminuée de 26^{cm}. *C. R. Assoc. géodés. internat., Session de Budapest,* 1904 (Annexe A, XIV^{b}, p. 281).

(²) *C. R. Ass. géod. int., Conférence de Paris,* 1900 (Annexe A, V^{b}, p. 190).

(³) *C. R. Assoc. géodés. internat., Conférence de Budapest,* 1906 (vol. II, p. 75).

de détail, ne sont toujours que des grandeurs caractéristiques du champ extérieur de gravitation. Seules, ou combinées aux mesures géodésiques habituelles, elles ne font toujours connaître que le champ extérieur, et fournissent seulement des équations de contrôle, quand les mesures sont surabondantes pour déterminer ce champ.

Il me paraît donc utile d'insister sur cette propriété, et de montrer, en formules précises, quels renseignements les géodésiens peuvent fournir aux géologues sur l'intérieur du globe, et quel énorme degré d'indétermination subsiste inévitablement lorsqu'on ne fait appel qu'aux mesures géodésiques.

Pour lever, au moins partiellement, cette indétermination, on ne peut faire usage que de considérations en grande partie hypothétiques, soit d'ordre hydrodynamique, ou élastique, ou géologique. Il importe, à mon avis, que, au lieu de tout mêler, comme on fait dans les études d'isostasie, on sépare nettement les données précises fournies par la géodésie, des hypothèses arbitraires, non contrôlables, sur la constitution interne du globe.

2. Montrons d'abord avec évidence cette indétermination des densités internes.

On sait que le champ extérieur d'une couche sphérique uniforme est le même que si toute la masse était concentrée en son centre. Il en est de même d'une sphère pleine, dans laquelle la densité ne dépend que de la distance au centre. Si la masse totale de cette sphère est nulle, son champ extérieur est nul.

Cela rappelé, imaginons à l'intérieur d'une surface de forme quelconque, une distribution de densités quelconque. Nous pouvons, sans rien changer au champ extérieur, modifier prodigieusement la distribution des densités de la manière suivante :

Plaçons au hasard à l'intérieur de la surface un nombre quelconque de petites sphères isotropes de rayon fini, et chacune de masse totale nulle — sous la seule réserve que les densités négatives dans ces sphères ne soient pas trop grandes — de manière qu'aucune d'elles ne déborde hors de la surface.

L'addition de toutes ces sphères ne change *rien* au champ extérieur à la surface. Mais, par cette addition, la densité en chaque point — somme de la densité initiale et des densités apportées par les sphères additionnelles au même point — peut être prodigieusement changée, sans cesser d'être positive (condition nécessaire en gravitation).

Déplaçons ces sphères, ajoutons-en d'autres, aucune mesure géodésique

extérieure (triangulation, pesanteur, courbures) ne permettra de s'en apercevoir, tant que les modifications sont intérieures à la surface accessible aux mesures.

3. Étant donnée une surface de forme quelconque, supposons, pour abréger, que l'on connaisse les valeurs *compatibles* que prennent à sa surface le potentiel V_s et sa dérivée normale extérieure $\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_s$. On peut, soit les avoir observées toutes deux, soit avoir déterminé V_s et en tirer $\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_s$ en s'aidant de la fonction de Green pour cette surface, soit avoir déterminé $\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_s$ et en tirer V_s à l'aide de la fonction de Green-Neumann.

Lorsqu'on connaît ces deux grandeurs, qu'en peut-on déduire pour l'intérieur? Tout ce que nous apprennent les lois de Newton, c'est que V est une fonction telle que V et $\frac{\partial V}{\partial n}$ soient continus à travers la surface; la densité ρ sera donnée par l'équation de Poisson

$$\rho = -\frac{1}{4\pi G}\Delta V,$$

en appelant G la constante de la gravitation universelle.

4. Soient u, v, w des coordonnées curvilignes telles que

$$w = w_s$$

soit l'équation de la surface S, et que, au moins au voisinage de cette surface, u et v soient normales à w. On aura alors

$$\left(\frac{\partial}{\partial n}\right)_s = \left(\frac{\partial}{\partial w}\right)_s \left(\frac{\partial w}{\partial n}\right)_s.$$

Les conditions de continuité sont satisfaites en prenant

$$V = \left\{ V_s(u, v) + \frac{w - w_s}{\left(\frac{\partial w}{\partial n}\right)_s} \left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_s (u, v) + \mathfrak{F}(u, v, w)(w - w_s)^2 \right\},$$

en désignant par $\mathfrak{F}$ une fonction entièrement arbitraire, sous la seule réserve que ni $\mathfrak{F}$, ni $\left(\frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial w}\right)$ ne deviennent infinis pour $w = w_s$.

La connaissance extérieure du champ ne nous fournit *aucune* indication sur la fonction $\mathfrak{F}$.

Tout ce qu'on peut savoir ainsi sur les densités internes, c'est donc qu'elles sont données par

$$\rho = -\frac{1}{4\pi G}\left\{ \Delta V_s + \Delta\left[(w - w_s)\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_s\right] \right.$$
$$\left. + \Delta[\mathcal{F}(u, v, w)(w - w_s)^2]\right\},$$

et qu'elles doivent être partout positives.

Ainsi, pour notre globe, la première ligne seule est déterminée par la géodésie. La seconde ligne reste entièrement à la disposition des géologues pour toutes leurs spéculations tectoniques et orogéniques.

5. Écrivons ces conditions pour un globe sphérique, en coordonnées polaires r, λ, L, et posons

$$g = -\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_s.$$

V_s et g_s sont supposés connus en fonction de la latitude λ et de la longitude L.

Avec ces coordonnées, il faut donner à $\mathcal{F}$ une forme telle que le potentiel et la force soient finis et déterminés à l'origine, qui n'est pas un point singulier physique.

On obtient ainsi

$$\begin{aligned} V = {} & V_s\left[1 - \frac{(R - r)^2(R + 2r)}{R^3}\right] + g_s r \frac{(R - r)(2r - R)}{R^2} \\ & + V_0 \frac{(R - r)^2(R + 2r)}{R^3} \\ & + r\left(\frac{R - r}{R}\right)^2 [V_1 \cos L \cos\lambda + V_2 \sin L \cos\lambda + V_3 \sin\lambda] \\ & + r^2(R - r)^2 \mathcal{G}(\lambda, L, r), \end{aligned}$$

où V_0, V_1, V_2, V_3 sont des constantes *arbitraires* finies, qui peuvent être nulles, et $\mathcal{G}$ est une fonction *arbitraire;* ni $\mathcal{G}$ ni $\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial r}$ ne peuvent devenir infinies soit au centre ($r = 0$), soit à la surface ($r = R$).

Pour écrire l'expression développée de la densité, posons

$$\delta = \frac{\partial^2}{\partial\lambda^2} + \tang\lambda \frac{\partial}{\partial\lambda} + \frac{1}{\cos^2\lambda}\frac{\partial^2}{\partial L^2},$$

ce qui donne

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\delta;$$

il viendra

$$
\begin{aligned}
\rho = -\frac{1}{4\pi G}\Big\{ & \left[1 - \frac{(R-r)^2(R+2r)}{R^3}\right]\frac{1}{r^2}\delta V_S \\
& + \frac{(R-r)(2r-R)}{R^2}\frac{1}{r}\delta g_S \\
& - V_S 6\frac{4r-3R}{R^3} + g_S\frac{18Rr-24r^2-2R^2}{R^2 r} \\
& + V_0 6\frac{4r-3R}{R^3} \\
& + [V_1\cos L\cos\lambda + V_2\sin L\cos\lambda + V_3\sin\lambda]\frac{2R^2-16Rr+18r^2}{R^2 r} \\
& - \frac{2}{r}\left(\frac{R-r}{R}\right)^2\frac{V_1\cos L + V_2\sin L}{\cos\lambda} \\
& + \mathcal{G}(\lambda, L, r)[6R^2-24Rr+20r^2] \\
& + \frac{\partial\mathcal{G}}{\partial r}[4rR^2-12Rr^2+8r^3] \\
& \qquad + r^2(R-r)^2\Delta\mathcal{G}\Big\}.
\end{aligned}
$$

Dans cette expression générale, les trois premières lignes sont seules déterminées par les mesures géodésiques. Dans la quatrième, la constante arbitraire V_0 sera généralement supposée finie. Dans les deux lignes suivantes les constantes V_1, V_2, V_3 seront généralement supposées nulles par raison de symétrie; mais ce sont là des hypothèses. Enfin, dans les trois dernières lignes, il reste la fonction arbitraire $\mathcal{G}$.

Ce sont les trois premières lignes que les géodésiens devraient calculer, et fournir comme document précis aux méditations des géologues.

6. Avant de se lancer dans de laborieux calculs numériques sur les diverses formes d'isostasie, les géodésiens eux-mêmes auraient intérêt à ne pas oublier que la théorie de la gravitation, considérée seule, ne peut fournir aucun critérium permettant de préférer une hypothèse à une autre. Il vaudrait mieux montrer, que dissimuler à soi-même et aux autres, cette propriété fondamentale. Quelles que soient les distributions de la pesanteur et du potentiel, compatibles — soit tirées toutes deux de l'observation, soit déduites l'une de l'autre à l'aide des fonctions de Green ou des développements en fonctions sphériques — on peut toujours trouver une infinité de distributions de densités internes qui les représentent *rigoureusement* (*sans aucun résidu*).

C'est par des considérations qualitatives, tirées de propriétés de la matière autres que l'attraction newtonienne que l'on peut avoir une préfé-

rence pour telle ou telle hypothèse. Il faut énoncer clairement les raisons du choix auquel on s'arrête.

Insistons : Si l'on pouvait rassembler de bonnes mesures, très serrées, de pesanteur et de déviations de la verticale, le mieux serait de les employer telles quelles, sans aucune réduction.

La réduction au niveau de la mer ne s'impose que pour tirer un renseignement régional d'observations trop espacées, qui, sans correction, ne fournissent qu'un renseignement étroitement local. Le théorème s'applique rigoureusement aux données ainsi transformées, quelque principe qu'on ait adopté pour les réductions au niveau de la mer (le même pour la pesanteur et les déviations de la verticale) ; il ne peut fournir aucune raison numérique de préférer un mode de réduction à un autre.

7. Il reste donc à examiner, d'un point de vue physique, quelles sont les formes particulières de la fonction arbitraire qui présentent de l'intérêt, et à indiquer pour quelles raisons.

Il ne paraîtra raisonnable à personne de supposer tout simplement cette fonction nulle — les valeurs de V_s, g_s, δV_s, δg_s en un point de la surface détermineraient seules la densité sur toute la longueur du rayon, jusqu'au centre — il faudra donc proposer diverses hypothèses capables d'atténuer rapidement en profondeur l'influence de la surface ; comparer ces hypothèses à celles de Pratt et d'Airy ; former pour l'ellipsoïde de révolution, les équations analogues à celles écrites ici pour la sphère ; adopter un type de correction, aussi simple que possible, capable de donner aux observations locales une valeur régionale, c'est-à-dire fonction linéaire des petites variations de λ et L dans une étendue de quelques kilomètres ou quelques myriamètres, suivant les cas ; indiquer l'organisation des calculs, pour la meilleure utilisation des données actuelles, si irrégulièrement réparties à la surface du globe ; etc.

Tout ce travail exige des développements qui ne peuvent trouver place ici.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène* (XVI). *La propriété catalytique est localisée dans la partie oxydable de la molécule du catalyseur*. Note de MM. **Ch. Moureu**, **Ch. Dufraisse** et **P. Lotte**.

Dès notre première publication sur la catalyse d'autoxydation, où nous décrivions l'action antioxygène, nous avions souligné le fait très frappant que les catalyseurs antioxygènes, dans l'espèce les phénols, étaient des corps très oxydables, et cette remarque avait de bonne heure orienté nos études vers une théorie de ces actions catalytiques dont le fondement serait l'oxydabilité du catalyseur. Développant notre conception, nous sommes arrivés à la conclusion, d'une part, que l'oxydabilité était la propriété indispensable que devait posséder un corps B pour pouvoir prétendre à être catalyseur d'autoxydation [catalyseur positif (prooxygène) ou négatif (antioxygène)], et, d'autre part, que l'oxydabilité était peut-être une condition suffisante pour qu'un corps pût jouer, dans des conditions appropriées, ce rôle de catalyseur d'autoxydation, qui pourrait ainsi appartenir, d'une manière générale, à toute matière oxydable. De là nos nombreuses expériences, dans différentes directions, en vue d'étudier les relations entre l'oxydabilité des matières et leur pouvoir catalytique.

En fait, la plupart des corps oxydables (environ deux cents) dont nous avons recherché la propriété catalytique, bien que leur étude fût faite dans des conditions très spéciales [température ordinaire, éclairement faible, nombre relativement restreint de corps autoxydables auxquels on les opposait], ont exercé des actions catalytiques plus ou moins marquées.

Un point toutefois restait obscur. Nos catalyseurs étaient, en majeure partie, des corps organiques, c'est-à-dire des composés du carbone, et ceux-ci, hormis l'anhydride carbonique, sont tous, plus ou moins, oxydables. Or il est évident qu'on ne pouvait pas s'attendre, dans les conditions si particulières de leur étude, à trouver chez tous la propriété catalytique. Nous avions donc admis, implicitement, que les molécules organiques devaient se distinguer entre elles, à ce point de vue, par la présence ou l'absence de groupements oxydables dans les conditions de nos expériences.

Mais, comment connaître, et à quel signe, quels groupements présentent l'oxydabilité favorable.

Jusqu'à présent, faute de mieux, nous avons dû nous contenter d'analogies, et nous nous sommes réglés sur les groupements qui paraissaient le

plus sensibles aux actions oxydantes ordinaires. Mais, observons bien qu'il n'était possible d'avoir par là qu'une idée assez grossière de ce que pouvait être leur oxydabilité dans les conditions très spéciales de la catalyse d'autoxydation, à savoir, sous l'influence, admise par nous, du *peroxyde primaire* A [O^2]. En particulier, il ne fallait point s'attendre à voir les corps se ranger exactement, d'après l'intensité de leur activité catalytique, dans l'ordre même où les classait leur oxydabilité telle qu'elle ressortait de l'expérimentation courante. On pourrait même concevoir que tel corps, rebelle à l'oxydation par nos réactifs usuels, puisse, au contraire, réagir facilement, en raison de conditions appropriées de structure, sur le peroxyde A [O^2], et, par conséquent, jouir d'un intense pouvoir catalytique. N'oublions pas d'ailleurs que, même dans ce cas, l'oxydabilité (possibilité énergétique d'oxydation ou affinité) reste encore la condition nécessaire.

Si nous examinons la liste des catalyseurs que nous avons déjà présentés (pour ne faire état que de ceux-là; nous en présenterons d'autres prochainement), considérons, parmi les groupements ou atomes oxydables, l'oxhydryle phénolique, l'atome d'iode et l'atome de soufre. C'est à l'oxydabilité de ces atomes ou groupement que, sans hésitation, nous avons rapporté les actions catalytiques. Nous nous sommes naturellement efforcés, par la recherche de la propriété catalytique chez des corps variés qui en étaient porteurs, de prouver l'exactitude de notre supposition. Mais, en outre, une démonstration, en quelque sorte réciproque, devait être recherchée, consistant à annihiler dans la molécule l'oxydabilité de l'atome ou groupement présumé actif et à déterminer, d'après l'action de la nouvelle molécule obtenue, l'effet produit par le reste de la molécule demeuré intact. Comme on le voit, on devait ainsi, du même coup, localiser la propriété catalytique et démontrer qu'elle tenait bien à l'oxydabilité.

Un semblable résultat peut être atteint, pour les phénols, par éthérification. Nous savons que l'on réduit ainsi beaucoup la sensibilité de la molécule à l'oxydation : parallèlement, l'on constate la réduction, allant presque jusqu'à la suppression complète, du pouvoir catalytique. Citons, entre autres, l'hydroquinone et son éther monométhylique, qui sont des catalyseurs très actifs, tandis que l'éther diméthylique est sensiblement inerte.

L'on ne peut songer à un procédé analogue (alcoylation ou acidylation) lorsque l'activité est rapportée en propre à un atome déterminé, puisque, après comme avant l'éthérification, restera toujours oxydable pour son compte et, par conséquent, susceptible d'exercer une action catalytique.

Ainsi, par exemple, la propriété catalytique ne doit pas disparaître dans le passage d'un mercaptan R — SH à son sulfure R — S — R.

Dans ces cas, un procédé général, tout différent, peut être envisagé. On supprime l'oxydabilité de la partie active de la molécule, ici un atome spécial, en saturant ce dernier d'oxygène, l'oxydation étant faite de telle sorte que le reste de la molécule ne subisse aucune modification. Ledit atome ayant ainsi perdu son affinité pour l'oxygène, on se renseignera sur son activité par des essais de catalyse avec la nouvelle molécule. Si l'activité catalytique a disparu, comme le reste de la molécule n'a pas changé, on pourra légitimement conclure que c'était bien cet atome qui constituait la partie active de la molécule, d'une part, et, d'autre part, que c'était bien son oxydabilité qui lui conférait la propriété catalytique.

En pratique, la méthode semble peu propre, dans le cas de l'iode, à donner des résultats offrant toute sécurité, parce que les composés d'oxydation, qui sont instables, peuvent revenir trop aisément, sous l'action des réducteurs — et le milieu autoxydable est, par définition même, fortement réducteur — à des formes oxydables, donc actives pour la catalyse. Par contre, le même inconvénient n'existe pas pour le soufre.

Prenons, par exemple, un sulfure d'alcoyle R — S — R, dont la partie active sera donc l'atome de soufre. Saturons celui-ci d'oxygène, nous obtenons la sulfone $R - SO^2 - R$, dont la formation correspond à un stade très stable d'oxydation : on sait que les sulfones sont difficiles à réduire condition indispensable pour la réussite de l'expérience, et qu'inversement elles sont peu aptes à subir une oxydation plus avancée et, par suite, d'après notre théorie, à fonctionner comme catalyseurs d'autoxydation. Nous avons donc là des corps de choix pour une semblable étude. Avec les dérivés du soufre c'est la première fois que nous rencontrons une matière nous offrant une occasion favorable de vérifier notre théorie, et nous l'avons naturellement mise à profit.

Nos expériences ont porté, quant aux catalyseurs, sur des sulfures et des sulfones simples R — S — R et $R - SO^2 - R$: sulfures de méthyle, d'éthyle et de phényle, et sulfones correspondantes, sur un disulfure, le diéthylmercaptol de l'acétone $CH^3 - C(SC^2H^5)^2 - CH^3$, sur deux disulfones, le sulfonal $CH^3 - C(SO^2C^2H^5)^2 - CH^3$ et le trional $CH^3 - C(SO^2C^2H^5)^2 - C^2H^5$, et sur le sulfoxyde de diphényle $C^6H^5 - SO - C^6H^5$, et, quant aux corps autoxydables, sur les suivants : œnanthol, acroléine, benzaldéhyde, furfurol, styrolène, essence de térébenthine.

Dans les essais qui vont être décrits, nous avons pris soin de ne pas

mettre simultanément en expérience les sulfures et les sulfones correspondantes, bien que nous eussions à comparer leurs activités, parce que, les sulfures étant volatils, nous eussions risqué (l'accident nous est arrivé) d'empoisonner nos canalisations de verre et de fausser ainsi nos résultats. Les sulfones, comme d'ailleurs le sulfoxyde de diphényle, ont été expérimentées à part, avec des canalisations vierges de toute vapeur autre que celle du corps autoxydable sur lequel on opérait. D'où l'impossibilité qui en est résultée de comparer l'autoxydation de la substance, en présence de

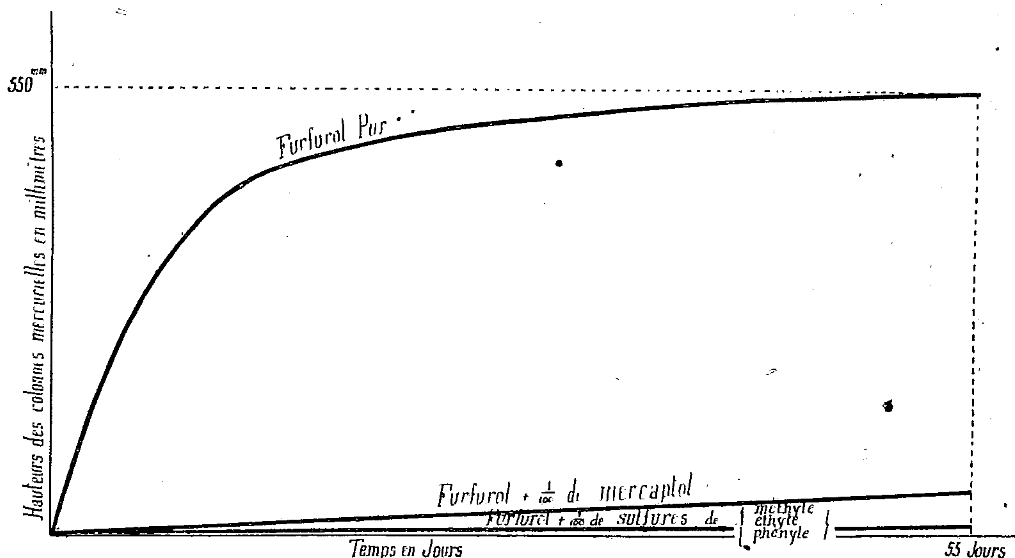


Fig. 1.

chaque sulfure et de sa sulfone, avec l'autoxydation d'un même échantillon témoin (exempt de catalyseur). Toutefois, étant donné que chaque expérience a été exécutée, comme nous le faisons toujours, avec un témoin, la comparaison de la marche de l'autoxydation dans les deux expériences (avec le sulfure et avec la sulfone), qui marquait de fortes différences, levait tout scrupule sur la confiance qu'on pouvait lui accorder.

Prenons, par exemple, du furfurol, et additionnons-le d'un centième des corps suivants : sulfures de méthyle, d'éthyle, de phényle, diéthylmercaptol de l'acétone. Les résultats observés sont traduits par les courbes ci-dessus (graphique n° 1). On voit que le témoin (furfurol pur, sans catalyseur) a fixé la presque totalité de l'oxygène qui lui était offert en une vingtaine de jours, tandis que le mercaptol ralentit considérablement l'oxydation et qu'avec les sulfures simples il n'y a sensiblement pas eu d'oxydation pendant les 70 jours qu'ont duré les observations.

Sur les graphiques n° 2 et n° 3 on pourra constater que l'effet produit sur l'oxydation du furfurol par les sulfones correspondant aux sulfures ci-dessus, mises en œuvre à la même dose (un centième), est très faible.

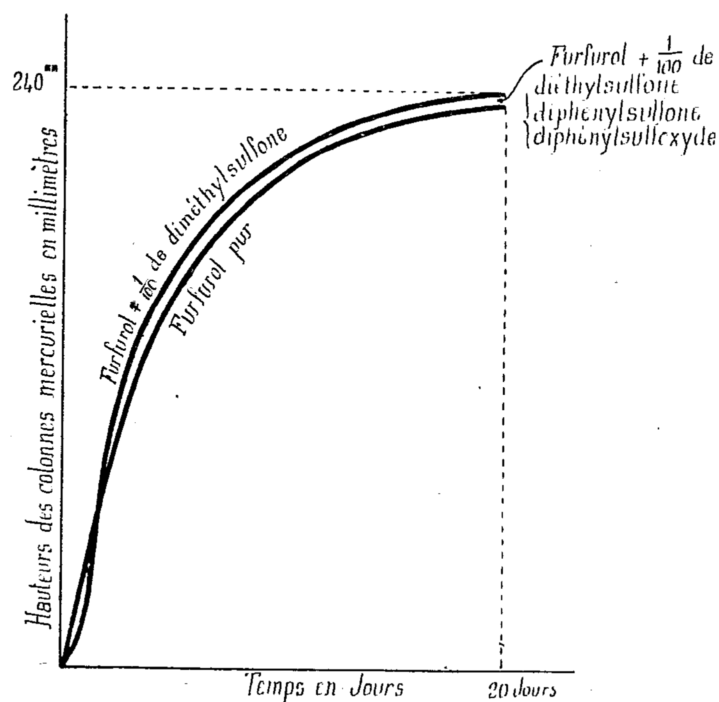


Fig. 2.

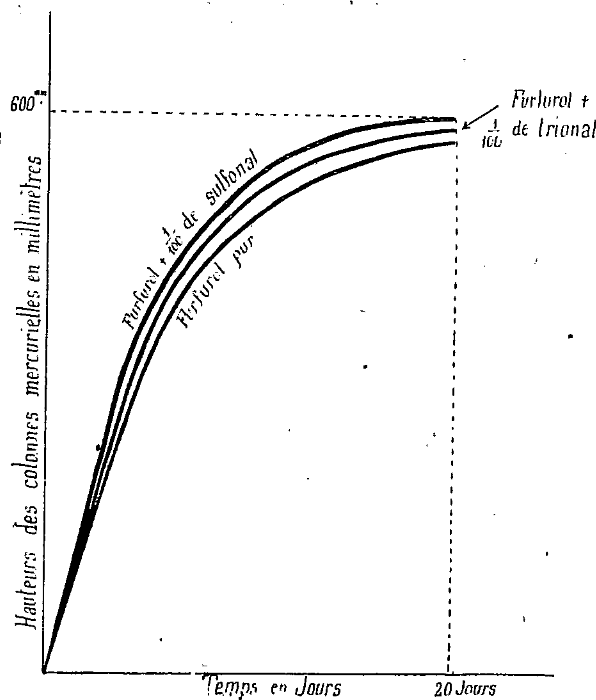


Fig. 3.

Cette inactivité des sulfones a été confirmée par celle du trional (graphique n° 3). Le sulfoxyde de phényle a également été trouvé inactif.

Comme on le voit, nous avons considérablement abaissé, sinon annulé, le pouvoir catalytique, vis-à-vis du furfurol, des composés du soufre, en oxydant l'atome de soufre.

Nous avons fait des observations analogues en opposant les mêmes corps aux autres substances autoxydables indiquées plus haut.

Mentionnons simplement les particularités qu'a présentées le cas de l'acroléine. Alors que le sulfure de méthyle, et surtout le sulfure d'éthyle, on se le rappelle, agissent comme catalyseurs positifs, ce disulfure spécial qu'est le diéthylmercaptol de l'acétone, au contraire, est un catalyseur négatif assez actif à la dose du centième (pas d'oxydation appréciable pendant quatre jours). La diéthylsulfone et la diméthylsulfone ont manifesté une très légère action ralentissante, tandis que le sulfonal et le trional sont

pratiquement inactifs. Ainsi, l'acroléine nous fournit un exemple de deux catalyses inverses, positive (prooxygène) et négative (antioxygène), où les actions sont sensiblement annulées par le passage de la fonction sulfure à la fonction sulfone. L'effet produit par l'oxydation du soufre de la molécule du catalyseur ne dépend donc pas du signe de la catalyse observée.

On voit, *en résumé*, que, si l'on observe un pouvoir catalytique intense, positif aussi bien que négatif, chez un corps renfermant le groupement R — S — R', où R et R' représentent des restes alcoylés ou arylés simples, le pouvoir catalytique sera considérablement diminué, sinon annihilé, par l'oxydation de ce sulfure en sa sulfone $R - SO^2 - R'$. C'est donc bien sur l'atome de soufre qu'est localisée la propriété catalytique de la molécule, et c'est bien, en outre, à l'oxydabilité de cet atome qu'en accord avec notre théorie doit être rapportée ladite propriété [1], puisque, quand on supprime l'oxydabilité, on supprime du coup l'activité catalytique.

Ainsi donc, dans un cas bien délimité, celui du soufre, nous avons pu établir avec certitude une *relation de causalité entre l'oxydabilité et la propriété catalytique*, positive ou négative, pour l'autoxydation. Nos exemples ont été pris un peu au hasard, et il n'y a pas lieu de leur supposer un caractère exceptionnel. Des démonstrations semblables doivent être possibles non seulement avec d'autres composés du soufre, mais aussi avec d'autres molécules devant leur propriété catalytique à un autre atome oxydable que le soufre. Nous avons d'ailleurs en cours des expériences qui nous fourniront l'occasion d'apporter encore de nouveaux faits analogues. Mais, d'ores et déjà, nous considérons que les preuves expérimentales que nous venons de donner établissent d'une manière définitive la valeur des arguments de divers ordres que nous avons précédemment produits à l'appui de notre théorie de la catalyse d'autoxydation. Cette théorie se présente donc comme un guide vraiment utile pour l'expérimentation.

---

[1] Si nous nous en tenons à nos expériences sur le sulfoxyde de diphényle, la fonction sulfoxyde semble elle-même peu active. Malgré qu'elle ne représente pas le degré de saturation complète du soufre, son stade d'oxydation, tout au moins pour le phénomène qui nous intéresse ici, paraît très stable.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Hémoclasie digestive et variations provoquées du tonus neuro-végétatif*. Note de MM. **F. Widal**, **P. Abrami**, **Diaconescu** et **Gruber**.

Dans une Note précédente, nous avons montré qu'il n'existait aucun rapport obligé entre les résultats de l'épreuve de l'hémoclasie digestive et l'état du tonus au moment où se pratique cette épreuve. Nous avons fait voir, en effet, que l'hémoclasie digestive peut s'observer — et c'est d'ailleurs le cas le plus fréquent — chez des hépatiques qui ne sont pas vagotoniques, et qu'inversement, elle peut faire défaut chez des vagotoniques dont le foie est normal.

Poussant plus loin l'étude de ces rapports entre l'insuffisance protéopexique du foie et de l'état du tonus neuro-végétatif, nous nous sommes demandé s'il était possible de faire varier les résultats de l'épreuve de l'hémoclasie digestive, en provoquant expérimentalement un changement dans l'état du tonus.

A cet effet, nous avons choisi deux lots de sujets, les uns franchement vagotoniques, les autres à tonus indifférent ou à « tendance vagotonique », tous sujets hépatiques et chez lesquels l'épreuve de l'hémoclasie digestive était nettement positive.

Nous avons alors soumis ces malades, maintenus à jeun depuis la veille au soir, à l'injection sous-cutanée soit de sulfate d'atropine soit d'adrénaline, de façon à créer chez ceux en état de sympathico-tonus temporaire, et nous avons répété à ce moment la recherche de l'hémoclasie digestive.

Dans une première série de six cas (comprenant deux vagotoniques et deux sujets à tonus indifférent), il nous fut impossible de tirer de conclusions de cette expérience, pour une raison qui mérite d'être notée. A elle seule en effet, l'injection soit d'atropine, soit d'adrénaline provoqua chez ces sujets des modifications importantes et durables de la leucocytose rendant illusoire la recherche de l'hémoclasie digestive. C'est ainsi que chez trois de ces malades, l'atropine a fait apparaître, dans les dix minutes qui suivirent son injection, une leucopenie des plus nettes qui persista pendant plus d'une heure. Chez les six sujets de cette série, l'adrénaline, au contraire, détermina une hyperleucocytose intense, élevant le chiffre des globules blancs de deux, trois et même parfois quatre fois son taux initial. Il est significatif de constater que deux substances, dont l'action pharmacodynamique sur le tonus s'exerce finalement dans le même sens, ont sur la

leucocytose périphérique une action inverse, la première créant la leucopenie, la seconde l'hyperleucocytose.

Dans la seconde série de cas, comportant un sujet vagotonique et six à tonus tendant à la vagotonie (deux cas d'ictère catarrhal, deux cas de foie cardiaque, deux d'hépatite alcoolique, une cholécystite calculeuse, l'injection soit de 1^{mg} d'adrénaline, soit de 1 à 2^{mg} d'atropine a provoqué un état de sympathicotonie nette, tachycardie et invasion du réflexe oculo-cardiaque, sans qu'on observât de modifications de la leucocytose.

Répétant alors chez ces sujets la recherche de l'hémoclasie digestive, une demi-heure après l'administration du médicament, nous avons constamment observé la persistance de cette hémoclasie positive, quand les malades étaient spontanément vagotoniques ou à tonus indifférent, l'épreuve restait positive, lorsqu'on les avait artificiellement rendus sympathicotoniques.

Ces faits nous paraissent suffisamment démonstratifs. Ils s'ajoutent à ceux que nous avons rapportés dans notre précédente Note pour établir qu'il ne saurait y avoir de corrélation obligée entre l'état du tonus neurovégétatif d'une part et les résultats de l'épreuve de l'hémoclasie digestive d'autre part.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la sélection acoustique en radiogoniométrie.* Note de M. André Blondel.

Dans divers travaux antérieurs, j'ai indiqué les méthodes aujourd'hui utilisées pour prendre des relèvements au moyen d'ondes hertziennes [1] et pour réaliser les postes à émissions musicales et à manipulation automatique [2].

A la suite d'un programme proposé en 1918 par une commission interministérielle formée de mon confrère et ami le général Ferrié et de moi-même, et tenant compte des progrès réalisés pendant la guerre, le Service des Phares français poursuit la transformation des anciens radiophares de 125^{m} de longueur d'onde à étincelles musicales précédemment installés en 1912-1913 en radiophares de 1000^{m} de longueur d'onde à ondes entre-

(1) Cf. Brevet belge du 28 mai 1902 et *Congrès d'Angers de l'Association française*, 1923, p. 327.

(2) Cf. A. Blondel, Brevets américains nos 783923, 783992 et 824682 de 1900, et *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 371.

tenues modulées. Un premier poste de ce genre a été mis en service en 1923 au phare de Gris-Nez et réalise avec 100 watts environ dans l'antenne une portée de plus de 60 milles sur radiogoniomètre; les ondes entretenues sont modulées sur la note Ut_5; le signal caractéristique émis par le manipulateur automatique comprend l'émission de la lettre G pendant 15 secondes, suivie pendant 30 secondes d'une émission de traits longs et pendant 15 secondes d'une émission de lettres G et enfin un silence de 30 secondes [1].

La France est ainsi le premier pays qui ait réalisé des radiophares à ondes entretenues modulées; ce type d'onde donne autant de précision pour la radiogoniométrie que les ondes amorties musicales, tout en évitant les inconvénients de ces dernières.

Mais le développement prochain des radiophares menace de soulever une autre difficulté parce que les radiogoniomètres recevront simultanément plusieurs émissions sur l'onde de 1000^m, imposée aux radiophares, et qu'en temps de brume, les signaux sont répétés constamment à des intervalles assez rapprochés. Le navigateur qui écoute plusieurs radiophares

---

[1] Une caractéristique intéressante de la construction de ce poste, c'est qu'on y emploie l'alimentation directe des triodes en courant alternatif de fréquence 1025 environ par un alternateur et un transformateur, ce qui réduit le matériel à une très grande simplicité, rendue nécessaire par l'emploi d'un personnel non spécialisé. Après différents tâtonnements, j'ai reconnu que la méthode la plus simple était de laisser passer dans les triodes une seule des deux alternances du courant alternatif. Ce mode d'alimentation donne, contrairement à ce qu'on pourrait croire, une pureté de son parfaite. La pureté de l'onde de haute fréquence est inférieure, il est vrai, à celle qu'on obtient par une alimentation en courant continu, par suite du fait que la tension de grille et de plaque varie dans de grandes limites pendant chaque alternance et qu'au cours de cette variation, l'oscillation du courant sur la caractéristique plaque-grille se fait assez longtemps dans les parties courbes de cette caractéristique. Ce défaut n'est que faiblement diminué si l'on utilise en montage (que nous avons essayé concurremment) utilisant les deux alternances à l'aide d'un montage en pont de Wheatstone. J'ai ainsi été conduit à ajouter entre les triodes et l'antenne un circuit de résonance agissant par induction sur le circuit-antenne afin d'éliminer les harmoniques 2 et 3 correspondant respectivement aux longueurs d'onde de 500 et 333^m et susceptibles de produire des brouillages avec les ondes employées par d'autres Services importants : Navigation, Aviation, Bateaux de pêche, etc. A ce point de vue, l'emploi des ondes entretenues modulées pour les radiophares a réalisé un progrès considérable par rapport à l'emploi des ondes amorties musicales encore utilisées aujourd'hui dans les autres pays et qui, dans un essai fait en 1902 au radiophare de Gris-Nez, produisait des brouillages violents et inacceptables pour tous les autres Services intéressés.

subit une gêne d'autant plus grande que les directions de ces derniers sont plus voisines. Les remèdes possibles sont variés, comme on va l'exposer.

1. On atténue cette difficulté en donnant, comme je l'ai exposé antérieurement ([1]), des tonalités nettement différentes aux émissions musicales voisines; et en réalisant une sélection à l'aide de monotéléphones ou de relais sélectifs ([2]); mais le réglage mécanique des monotéléphones est un peu délicat, en cours d'écoute.

2. Il est préférable de rendre le système sélectif, par résonance électrique d'un circuit téléphonique ([1]). Il faut alors employer un téléphone ayant une self-induction aussi élevée que possible par rapport à la résistance ohmique et en réduire l'amortissement par différents artifices (feuilletage des noyaux-inducteurs, membrane vibrante en cristal ou en mica, portant au centre une tôle mince fragmentée pour éviter les courants de Foucault), utiliser un transformateur présentant lui-même très peu de perte et mis en série avec un condensateur réglable de bonne qualité. La résonance reste peu aiguë.

3. Grâce à l'invention du Lee de Forest on peut désormais la rendre plus précise en construisant d'une manière spéciale les étages basse fréquence de l'amplificateur à lampes, par exemple l'amplificateur 3 *ter* de la Télégraphie Militaire qui est associé maintenant à tout radiogoniomètre; il suffit d'ajouter en dérivation sur l'un des circuits du transformateur de la bobine de self qui le remplace, un condensateur réglable; la self elle-même peut être réglable; mais, ainsi que je l'ai montré déjà ([3]), à propos de la sélection des harmoniques par les oscillographes de résonance, on obtient la meilleure acuité de résonance en faisant travailler une self-induction fixe aussi élevée que possible, en parallèle avec une capacité variable; en particulier, on peut prendre, comme je l'ai indiqué, une self-induction sans fer ou avec noyau de fer ouvert, en ayant soin que le rapport $\frac{\Omega L}{R}$ de la réactance à la résistance soit grand (au moins 5 pour la fréquence 50), avec un condensateur divisé en décades.

La vitesse de pulsation ω correspondant aux fréquences musicales de

---

([1]) Cf. *Comptes rendus*, 130, 1900, p. 1383. J'ai fait connaître en 1911, *Comptes rendus*, 125, 1911, p. 1571, une application de cette résonance électrique pour la sélection des signaux acoustiques sous-marins reçus par microphones et notamment pour la réception des cloches sous-marines.

([2]) Le monotéléphone à lame vibrante de longueur réglable que j'ai fait exécuter à cette époque et qui a été essayé en particulier par les Services de la Télégraphie militaire, est décrit ailleurs : Brevet belge n° 16974 du 15 avril 1903.

([3]) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 164.

300 à 1200 qui peuvent être utilisées dans les radiophares pourra varier pratiquement entre 1800 et 7200. Pour que 1 microfarad suffise à la plus basse fréquence, on sera conduit à prendre L au moins égal à

$$\frac{1}{(1,8)^2} = 0,31 \text{ henry}.$$

A la fréquence la plus élevée, $\omega = 7200$, la capacité qui donne la résonance sur la même self-induction sera réduite à $\frac{1}{16} = 0,067$ microfarad. Un réglage fin exigera donc un procédé permettant de faire varier la capacité par centièmes de microfarad; mais on peut munir la bobine de self de plusieurs plots de prise permettant de lui donner une valeur quatre fois plus faible, par exemple, pour les hautes fréquences musicales que pour les basses fréquences. La bobine de self peut constituer le primaire ou le secondaire du transformateur qui alimente le téléphone, ou mieux être branché en dérivation aux bornes du téléphone (1).

L'onde de 1000^{m} lorsqu'elle est modulée sinusoïdalement à la fréquence moyenne de 900 équivaut à la production simultanée de deux ondes entretenues de 997 et 1003^{m}; c'est-à-dire ne différant entre elles que de 3 pour 1000; un récepteur à résonance convenablement sélectif peut donc se protéger presque aussi facilement contre le brouillage que s'il s'agissait d'une onde entretenue pure de 1000^{m} (2), ce qui d'ailleurs a été constaté au cours de différents essais. La zone de brouillage sera un peu plus grande pour les ondes de fréquence musicale plus élevée, mais on n'a guère d'occasion de produire des fréquences supérieures à 1500 périodes par seconde.

La zone de brouillage est un peu plus grande quand la modulation est faite sur la plaque et n'est pas sinusoïdale, mais on peut le réduire,

---

(1) Bien entendu on peut employer également une self-induction variable en forme de variomètre avec une bobine formée de deux parties télescopant l'une dans l'autre ou avec un noyau de fer déplaçable; l'expérience des postes de réception usuels semble montrer que les réglages se font plus facilement à l'aide de manettes tournantes, comme celles des rhéostats à plots avec des variomètres ou des condensateurs réglables.

On peut ainsi constituer l'étage de résonance comme des hétérodynes à fréquence musicale utilisés pour les essais des téléphones.

(2) Il convient de remarquer en passant que les récepteurs d'anciens modèles ne sont pas assez sélectifs en haute fréquence et sont brouillés par les ondes entretenues modulées sur une plage assez étendue. Il paraît désirable qu'ils soient remplacés progressivement par des récepteurs à résonance permettant une sélection plus aiguë.

comme on l'a vu plus haut, par un circuit oscillant intermédiaire [1].

4. On a proposé de faire émettre par les radiophares des ondes entretenues pures; cette solution ne paraît pas très pratique, pour les raisons suivantes :

L'emploi de postes de radiogoniométrie à hétérodyne serait plus délicat que celui des postes récepteurs simples.

Les radiophares voisins seraient forcément confondus entre eux, s'ils sont bien réglés tous sur la longueur d'onde unique de 1000^m; pour pouvoir les différencier, il faudrait remplacer cette longueur d'onde unique par 3 ou 4 longueurs d'onde, telles que 980, 1020 et 1040^m; il en résulterait immédiatement un accroissement des zones de brouillage plus grand que celui dû à la modulation.

Enfin, il faudrait maintenir dans chaque établissement un réglage extrêmement précis de la longueur d'onde, pour être sûr qu'elle ne puisse être confondue avec celle d'un radiophare voisin.

5. On peut éviter que les émissions soient simultanées en les réglant dans chaque poste émetteur par un manipulateur automatique, actionné par la mise en marche à des heures décalées, les unes par rapport aux autres, au moyen d'horloges convenablement réglées. Nous avons entrepris récemment des expériences qui ont montré la commodité de cette solution et sa simplicité relative; une même horloge peut provoquer alternativement, suivant les heures, des émissions de grande portée (pour le grand atterrissage) et des émissions de faible portée en cas de brume.

En résumé, l'écoute au radiogoniomètre d'émissions faites en ondes entretenues modulées par plusieurs postes entendus simultanément peut être grandement facilitée non seulement par un décalage automatique entre les diverses émissions, mais encore par le réglage en résonance musicale d'un ou plusieurs étages de l'amplification en basse fréquence du poste récepteur.

---

[1] La difficulté est beaucoup plus grande quand on emploie, comme on le fait en Angleterre, des ondes entretenues découpées, parce que les fermetures et interruption brusque du courant de plaque produisent l'excitation par choc des récepteurs; pour cette raison, les ondes des radiophares devraient être uniquement des ondes entretenues modulées et non pas découpées.

PHYSIQUE. — *Le diamètre rectiligne de l'hélium.* Note de MM. **E. Mathias, C.-A. Crommelin, H. Kamerlingh Onnes** et **J.-C. Swallow.**

1. Nos recherches sur la courbe des densités et le diamètre de l'hélium s'étendent entre le point critique de ce corps (5°,19 K.) et son point d'ébullition (4°,22 K.). Elles forment la suite de nos déterminations du même ordre relatives à l'oxygène, à l'argon, à l'azote, à l'hydrogène et au néon (1).

2. Nous avons fait usage d'un cryostat à hélium liquide, dans lequel ce corps bout sous une pression plus grande que la pression atmosphérique. On peut atteindre ainsi, sans danger pour les appareils, le point critique de l'hélium parce que la pression critique n'est que de $2^{\text{atm}},26$.

La température a été déterminée au moyen de la courbe des tensions de vapeur, la mesure des pressions ne présentant aucune difficulté.

L'hélium expérimenté provenait de l'évaporation d'une grande quantité d'hélium liquide, et pouvait être considéré comme absolument pur.

Nous avons admis pour le poids du litre d'hélium dans les conditions normales le nombre de Ramsay et Travers : $0^{\text{g}},1787$.

3. Dans le tableau suivant, nous avons réuni les nombres trouvés pour les densités δ et δ' du liquide et de la vapeur saturée à la même température θ (échelle thermodynamique) et pour l'ordonnée y du diamètre.

Nous y avons ajouté quelques densités de liquide au-dessus et au-dessous du point d'ébullition déterminées par M. Boks et l'un de nous (H. K. O.) (2), lesquelles ont dû subir une légère correction qui a respecté leurs valeurs relatives parce que le volume normal avait laissé quelque peu à désirer :

---

(1) Voir *Comptes rendus*, **151**, 1910, p. 213 et 474; **156**, 1913, p. 129; **160**, 1915, p. 237; **172**, 1921, p. 261; **175**, 1922, p. 933.

(2) *IVe Congrès international du Froid. Travaux de la première Commission internationale*, p. 215; *Comm. Leiden*, n° **170** *b*; J.-D.-A. Boks, *Thèse*, Leiden, juillet 1924.

θ degrés C.	T degrés K.	δ (obs.).	δ' (obs.).	y (obs.).	y (calc.).	y (obs.) — y (calc.). Différence absolue.	Différence pour 100.
—268°,38	4°,71	0,1139 (1)	0,02699 (1)	$0{,}0704^{5}$	$0{,}0701^{5}$	+0,0003	+0,43
268,50	4,59	0,1165 (1)	0,02389 (1)	0,0702	$0{,}0703^{4}$	$-0{,}0001^{5}$	—0,21
268,86	4,23	0,1253 (1)	0,01637 (1)	$0{,}0708^{5}$	0,0710	$-0{,}0002^{5}$	—0,21
268,87	4,22	0,1255 (2)	0,01618	$0{,}0708^{5}$	0,0710	$-0{,}0002^{5}$	—0,21
269,19	3,96	0,1311 (2)	0,01176	$0{,}0714^{5}$	$0{,}0715^{5}$	—0,0001	—0,14
269,79	3,30	0,1395 (2)	0,06435	$0{,}0729^{5}$	$0{,}0726^{5}$	+0,0003	+0,41
270,53	2,56	0,1457 (2)	0,02079	0,0739	$0{,}0739^{5}$	$-0{,}0000^{5}$	—0,07
270,72	2,37	0,1466 (2)	0,01368	0,0740	$0{,}0742^{7}$	$-0{,}0002^{7}$	—0,36
270,79	2,30	0,1469 (2)	0,01159	$0{,}0740^{5}$	»	»	»

Les densités de vapeur saturée correspondant aux densités de liquide de K. Onnes et Boks ont été calculées par la formule

$$\delta' = \frac{kp}{\mathcal{A}_A \{ 1 + B^{(p)} p + C^{(p)} p^2 \}},$$

dans laquelle :

k est le poids d'un centimètre cube d'hélium dans les conditions normales;

p est la tension de vapeur en atmosphères internationales;

$B^{(p)}$ et $C^{(p)}$ sont les coefficients de l'équation d'état empirique

$$p v_A = \mathcal{A}_A \{ 1 + B^{(p)} p + C^{(p)} p^2 + \mathcal{D}^{(p)} p^3 + \ldots \}.$$

Les valeurs de $B^{(p)}$ et de $C^{(p)}$ ont été calculées au moyen des isothermes de l'hélium, aux températures de l'hélium liquide, de K. Onnes et Boks (*loc. cit.*).

En calculant la formule linéaire du diamètre par les moindres carrés, nous avons par prudence laissé de côté les valeurs relatives aux températures de 2°,30 et 2°,37 K. La branche relative aux densités de liquide présentant son maximum dans cette région, on devait penser que la formule linéaire du diamètre n'était plus applicable dans cette région. Toutefois, à 2°,37 K., la différence entre les valeurs observées et calculées du diamètre demeure encore acceptable.

La formule du diamètre rectiligne est

$$y = -0{,}40263 - 0{,}0017616\,\theta.$$

---

(1) Nombres déterminés par Mathias, Crommelin, K. Onnes et Swallow.

(2) Nombres déterminés par K. Onnes et Boks.

Le coefficient angulaire est donc, en valeur absolue,

$$\alpha = 0{,}0017616.$$

La formule précédente donne pour la densité critique, à la température critique $-267^\circ{,}90$ C. ($5^\circ{,}19$ K.),

$$\Delta = 0{,}06930.$$

Le coefficient critique est, en appelant Θ la température critique absolue, π la pression critique et R la constante des gaz, pour l'hélium,

$$\frac{R\Theta\Delta}{\pi} = 3{,}270,$$

valeur très voisine de celle de l'hydrogène (3,276).

4. Les déviations du diamètre rectiligne sont petites, quoiqu'un peu plus grandes que celles qui se rapportent à l'hydrogène et au néon. Dans ces limites, on peut dire que l'*hélium obéit à la loi du diamètre rectiligne* de la même manière que les autres corps.

Les expériences ont été faites à l'aide de la subvention accordée par la Caisse des Recherches, et pour laquelle nous lui exprimons notre vive gratitude.

M. **Ch. Moureu** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. F.-M. Jaeger, intitulé : *Le principe de symétrie et ses applications*, traduit de l'anglais par Pierre Gérald et Jean Chevrier, pour lequel il a écrit une *Préface*.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 44 suffrages, M. **Henneguy** est élu membre du Conseil de perfectionnement de l'*Institut de biologie maritime* de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

CORRESPONDANCE.

M. **Dukinfield Henry Scott**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. E. **Fleurent** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *L. Maquenne*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Joseph Sanson. *La prévision du temps en agriculture.* (Présenté par M. G. Bigourdan.)

2° *La Mécanique nouvelle démontrée par les principes classiques. Interprétation et transformation des équations de Lorentz et d'Einstein*, par Paul Dupont. (Présenté par M. L. Lecornu.)

3° Institut international de Chimie Solvay. *Premier Conseil de Chimie tenu à Bruxelles du* 21 *au* 27 *avril* 1922. *Rapports et discussions sur cinq questions d'actualité.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions hyperharmoniques.* Note de M. **Ladislas Nikliborc**, présentée par M. Hadamard.

On sait qu'une fonction $u(x_1, y_1, x_2, y_2)$ qui peut être regardée comme la partie réelle d'une fonction analytique $f(z_1, z_2)$ $[z_k = x_k + iy_k, k = 1, 2]$, satisfait aux quatre équations

$$(1)\qquad \begin{cases} \Delta_k u = \dfrac{\partial^2 u}{\partial x_k^2} + \dfrac{\partial^2 u}{\partial y_k^2} = 0 \qquad (k = 1, 2), \\ \Delta_3 u = \dfrac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} + \dfrac{\partial^2 u}{\partial y_1 \partial y_2} = 0, \\ \Delta_4 u = \dfrac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial y_2} - \dfrac{\partial^2 u}{\partial x_2 \partial y_1} = 0. \end{cases}$$

La réciproque est d'ailleurs vraie. Nous appellerons *fonction hyperharmonique*, toute fonction satisfaisant aux équations (1). Poincaré, dans des Mémoires célèbres [1], a attiré l'attention sur le système précédent et les fonctions hyperharmoniques, auxquelles il a étendu le théorème de Mittag-Leffler ainsi que les premiers principes relatifs au problème de Dirichlet.

---

(1) *Acta mathematica*, 2, 1883, p. 99; 22, 1898, p. 112.

Nous avons repris cette étude et nous exposons ici quelques-uns des résultats obtenus.

1. Considérons les plans des deux variables complexes z_1 et z_2. Traçons dans ces plans deux cercles (K_1) et (K_2) et envisageons l'« hypersphéroïde » (T_H) constitué par les points (x_1, y_1, x_2, y_2), tel que le point (x_k, y_k) soit situé dans le cercle (K_k) ($k = 1, 2$). C'est un domaine à quatre dimensions. Si l'on choisit à la fois (x_1, y_1) sur la circonférence de (K_1) et (x_2, y_2) sur la circonférence de (K_2), on obtient une variété à deux dimensions, constituant une partie de la frontière de l'ensemble (T_H), qui s'appellera contour de l'hypersphéroïde.

Les quantités $r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2$ liées à x_1, y_1, x_2, y_2 par les relations

$$z_k = r_k e^{i\varphi_k} \qquad (k = 1, 2)$$

porteront le nom de « coordonnées hypersphéroïdales » du point (x_1, y_1, x_2, y_2).

2. Écrivons les équations (1) en coordonnées hypersphéroïdales. On obtient

$$(2) \quad \begin{cases} \Delta_k u = \dfrac{\partial^2 u}{\partial r_k^2} + \dfrac{1}{r_k}\dfrac{\partial u}{\partial r_k} + \dfrac{1}{r_k^2}\dfrac{\partial^2 u}{\partial \varphi_k^2} \qquad (k = 1, 2), \\ \Delta_3 u = \nabla_1 u \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + \nabla_2 u \sin(\varphi_1 - \varphi_2), \\ \Delta_4 u = \nabla_1 u \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - \nabla_2 u \cos(\varphi_1 - \varphi_2), \end{cases}$$

où

$$(3) \quad \nabla_1 u = \frac{\partial^2 u}{\partial r_1 \partial r_2} + \frac{1}{r_1 r_2}\frac{\partial^2 u}{\partial \varphi_1 \partial \varphi_2}, \qquad \nabla_2 u = \frac{1}{r_1}\frac{\partial^2 u}{\partial \varphi_1 \partial r_2} - \frac{1}{r_2}\frac{\partial^2 u}{\partial r_1 \partial \varphi_2}.$$

Cela implique le théorème :

« Pour que la fonction $u(r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2)$ soit hyperharmonique, il faut et il suffit que l'on ait

$$(4) \quad \Delta_1 u = \Delta_2 u = \nabla_1 u = \nabla_2 u = 0. \text{ »}$$

3. Soit maintenant $f(z_1, z_2)$ une fonction analytique régulière dans un domaine comprenant à son intérieur l'hypersphéroïde (T_H), défini par les cercles

$$|z_1| = R_1 \quad \text{et} \quad |z_2| = R_2.$$

On a, pour la partie réelle $u(r_1, r_2, \varphi_1, \varphi_2)$ de la fonction $f(z_1, z_2)$, la formule

$$(5) \quad u(r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2) = \frac{1}{4\pi^2}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} u(R_1, \theta_1, R_2, \theta_2)\, H_1 H_2\, d\theta_1\, d\theta_2,$$

où

$$H_k = \frac{R_k^2 - R_k^2}{R_k^2 - 2R_k r_k \cos(\varphi_k - \theta_k) + r_k^2} \qquad (k = 1, 2), \tag{6}$$

et le point $(r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2)$ étant pris à l'intérieur de (T_H).

Nous réserverons pour l'intégrale (5) le nom d' « intégrale de Poisson pour les fonctions hyperharmoniques ».

4. On peut maintenant poser le problème réciproque suivant :

« Une fonction $f(\theta_1, \theta_2)$ étant intégrable ou bien continue, l'intégrale de Poisson

$$u(r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2) = \frac{1}{4\pi^2}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f(\theta_1, \theta_2)\, H_1 H_2\, d\theta_1\, d\theta_2 \tag{7}$$

est-elle nécessairement une fonction hyperharmonique à l'intérieur de l'hypersphéroïde? »

Il n'en est rien et l'on peut seulement affirmer que l'on a

$$\Delta_1 u = 0, \qquad \Delta_2 u = 0. \tag{8}$$

Il s'agit donc de savoir à quelles conditions la fonction (7) est hyperharmonique. Voilà la réponse :

Les relations

$$\left\{\begin{aligned} &\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f(\theta_1, \theta_2)\cos(k\theta_1 - l\theta_2)\, d\theta_1\, d\theta_2 = 0 \\ &\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f(\theta_1, \theta_2)\sin(k\theta_1 - l\theta_2)\, d\theta_1\, d\theta_2 = 0 \end{aligned}\right. \qquad (k, l = 1, 2, \ldots) \tag{9}$$

sont des conditions nécessaires et suffisantes pour que la fonction (7) *satisfasse à l'équation* $\nabla_1 u = 0$, et de même pour l'équation $\nabla_2 u = 0$.

5. De là, on déduit le théoréme :

Toute fonction $u(r_1, r_2, \varphi_1, \varphi_2)$ *qui satisfait dans un domaine* (T) *à un des systèmes d'équations*

$$\left\{\begin{aligned} &\Delta_1 u = \Delta_2 u = \nabla_1 u = 0, \\ &\Delta_1 u = \Delta_2 u = \nabla_2 u = 0 \end{aligned}\right. \tag{10}$$

est hyperharmonique dans ce domaine, pourvu qu'elle soit régulière *à l'origine des coordonnées.*

6. On pourra facilement étudier la classe des fonctions pour lesquelles les relations (9) sont remplies.

Si nous supposons que la fonction $f(\theta_1, \theta_2)$ soit donnée par la série

$$(11) \qquad f(\theta_1,\theta_2)=\alpha_{00}+\sum_{k,l=1}^{\infty}[\alpha_{rs}\cos r\theta_1\cos s\theta_2+\beta_{rs}\cos r\theta_1\sin s\theta_2 + \gamma_{rs}\sin r\theta_1\cos s\theta_2+\delta_{rs}\sin r\theta_1\sin s\theta_2],$$

nous trouvons les relations

$$(12) \qquad \begin{cases} \alpha_{k,l}+\delta_{k,l}=0 \\ \beta_{k,l}-\gamma_{k,l}=0 \end{cases} \qquad (k,\ l=1,\ 2,\ \ldots)$$

nécessaires et suffisantes pour la validité des formules (12).

Donc la fonction la plus générale pour laquelle les relations (12) sont vérifiées est donnée par la formule

$$f(\theta_1,\theta_2)=c+\varphi_1(\theta_1)+\varphi_2(\theta_2)+\sum_{r,s=1}^{\infty}[\alpha_{rs}\cos(r\theta_1+s\theta_2)+\beta_{rs}\sin(r\theta_1+s\theta_2)],$$

c étant une constante et $\varphi_1(\theta_1)$, $\varphi_2(\theta_2)$ des fonctions arbitraires développables en séries de Fourier.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégration des fonctions mesurables.* Note de M. **St. Kempisty**, présentée par M. Émile Borel.

1. J'ai donné (¹) une définition de l'intégrale que j'appelle asymptotique. Voici une généralisation à laquelle je fus conduit en suivant le même ordre d'idées.

Considérons une fonction $g(x)$ mesurable et presque partout finie dans l'intervalle (a, b). Soient

$$x_0=a, \quad x_1, \quad x_2, \quad \ldots, \quad x_{i-1}, \quad x_i, \quad \ldots, \quad x_j=b$$

un système de points divisant (a, b) et $m(x_{i-1}, x_i, \lambda)$, $M(x_{i-1}, x_i, \lambda)$ *les bornes à densité* λ $(0<\lambda<1)$ (²) dans l'intervalle (x_{i-1}, x_i) de la fonction $g(x)$.

(¹) *Un nouveau procédé d'intégration* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 812).

(²) La borne inférieure à densité λ, $m(x_{i-1}, x_i, \lambda)$, est le plus grand des nombres y satisfaisant à la condition $\mathrm{mes}_{x_{i-1}}^{x_i} E_x[f(x)<y] \leqq \lambda(x_i-x_{i-1})$. Voir ma Note *Sur les limites approximatives* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 642).

Définissons la fonction intermédiaire $h(x)$ de la manière suivante :

$$h(x) = m(x_{i-1}, x_i, \lambda), \quad \text{lorsque} \quad g(x) < m(x_{i-1}, x_i, \lambda),$$
$$h(x) = g(x), \quad \text{lorsque} \quad m(x_{i-1}, x_i, \lambda) \leqq g(x) \leqq M(x_{i-1}, x_i, \lambda),$$
$$h(x) = M(x_{i-1}, x_i, \lambda), \quad \text{lorsque} \quad g(x) > M(x_{i-1}, x_i, \lambda).$$

Comme la fonction $h(x)$ est mesurable et bornée, nous pouvons considérer l'intégrale lebesgienne

$$H = \int_a^b h(x)\,dx.$$

Appelons l'*intégrale inférieure (supérieure) à densité* λ de $g(x)$ dans (a, b) la limite inférieure (supérieure) de H lorsque le plus grand des intervalles (x_{i-1}, x_i) tend vers zéro.

Nous désignerons ces intégrales respectivement par

$$(\lambda)\underline{\int_a^b} g(x)\,dx, \qquad (\lambda)\overline{\int_a^b} g(x)\,dx.$$

2. En comparant la dernière définition avec celle des intégrales extrêmes asymptotiques, on voit que

$$(A)\underline{\int_a^b} g(x)\,dx \leqq (\lambda)\underline{\int_a^b} g(x)\,dx \leqq (\lambda)\overline{\int_a^b} g(x)\,dx \leqq (A)\overline{\int_a^b} g(x)\,dx.$$

Comme les intégrales extrêmes asymptotiques sont égales entre elles, pour une fonction intégrable asymptotiquement, il en est de même des intégrales extrêmes à densité λ.

En particulier, pour les fonctions sommables, la valeur commune de ces intégrales est l'intégrale de M. Lebesgue.

Nous dirons, en général, que $g(x)$ est *intégrable à densité* λ lorsque

$$(\lambda)\underline{\int_a^b} g(x)\,dx = (\lambda)\overline{\int_a^b} g(x)\,dx,$$

en désignant par

$$(\lambda)\int_a^b g(x)\,dx$$

l'intégrale à densité λ, égale à la valeur commune des intégrales extrêmes.

3. On peut démontrer, en faisant usage d'un théorème général de

M. Saks ([1]), que *l'intégrale indéfinie extrême à densité* λ *possède presque partout une dérivée égale à la fonction intégrée* $g(x)$.

Il suffit, pour cela, de poser, en conservant les notations de M. Saks,

$$f(\delta_i) = \int_{x_{i-1}}^{x_i} h(x)\,dx,$$

$$\varphi((a, b)) = (\lambda)\underline{\int_a^b} g(x)\,dx, \qquad \Phi((a, b)) - (\lambda)\overline{\int_a^b} g(x)\,dx.$$

Comme

$$m(x_{i-1}, x_i, \lambda) \leqq \frac{1}{x_i - x_{i-1}} \int_{x_{i-1}}^{x_i} h(x)\,dx \leqq \mathrm{M}(x_i, x_{i-1}, \lambda),$$

nous avons, pour les dérivées extrêmes de $f(\delta)$,

$$\liminf_{x_{i-1},\, x_i = 0} m(x_{i-1}, x_i, \lambda) \leqq \underline{f(x)} \leqq \overline{f(x)} \leqq \limsup_{x_{i-1},\, x_i = 0} \mathrm{M}(x_{i-1}, x_i, \lambda).$$

Or, d'après un théorème cité dans ma Note ([2]), on a presque partout

$$\liminf_{x_{i-1},\, x_i = 0} m(x_{i-1}, x_i, \lambda) = \limsup_{x_{i-1},\, x_i = 0} \mathrm{M}(x_{i-1}, x_i, \lambda) = g(x)$$

et, par suite,

$$\underline{f(x)} = \overline{f(x)} = g(x).$$

Alors, d'après le théorème de M. Saks, presque partout

$$\overline{\varphi(x)} = \underline{\Phi(x)} = g(x).$$

Comme les dérivées extrêmes presque partout finies sont presque partout égales, on a presque partout

$$\varphi'(x) = \Phi'(x) = g(x).$$

4. Voici un exemple d'une fonction qui, n'étant pas sommable ni totalisable, ni enfin intégrable asymptotiquement, est intégrable à densité λ.

Posons

$$g(x) = -3^n, \qquad \text{pour} \qquad \frac{1}{3^n} < x \leqq \frac{2}{3^n},$$

$$g(x) = 3^n, \qquad \text{pour} \qquad \frac{2}{3^n} < x \leqq \frac{1}{3^{n-1}}.$$

([1]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 38.

([2]) *Sur les limites approximatives* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 642).

Si x_1 satisfait à la condition $\frac{1}{3^n} < x_1 < \frac{1}{3^{n-1}}$, on a, pour $0 < x < x_1$ et $\lambda = \frac{1}{3}$,

$$h(x) = -3^n, \quad \text{lorsque} \quad \frac{1}{3^p} < x \leqq \frac{2}{3^p} \quad \text{et} \quad p > n,$$

$$h(x) = 3^n, \quad \text{lorsque} \quad \frac{2}{3^p} < x \leqq \frac{1}{3^{p-1}},$$

tandis que, pour $x_1 < x < 1$, nous avons $h(x) = g(x)$.

Alors

$$\int_0^1 h(x)\,dx = 0,$$

quel que soit le système de points de division, et par suite l'intégrale à densité λ de $g(x)$ dans l'intervalle $(0, 1)$ existe et est égale à zéro.

BALISTIQUE. — *Sur les principes de la balistique intérieure.* Note de MM. **Gossot** et **Liouville**, présentée par M. Vieille.

Les recherches sur la position du maximum de pression dans les bouches à feu ont, pour la théorie, des conséquences intéressantes.

Soient c' la capacité de la chambre et c la capacité totale de l'âme. Quand le maximum de pression résulte de la combustion complète de la charge, soient c_1 la capacité offerte aux gaz quand ce maximum P_M est atteint, v_1 la vitesse correspondante, v la vitesse du projectile à la sortie de la bouche à feu, ϖ le poids de la charge de poudre, f sa force, δ le rapport $\frac{\varpi}{c'-\varpi}$, m la masse du projectile, $1+2\Gamma$ le rapport des chaleurs spécifiques des gaz, à la température où ils se trouvent.

Il est facile de démontrer, en toute rigueur, les relations suivantes, avec un choix convenable des unités,

$$(1) \qquad \left(\frac{c_1}{c}\right)^{1+2\Gamma} = \frac{f\delta c'}{P_M c}\left(1 - \frac{m\Gamma v^2}{f\varpi}\right), \qquad 1 - \frac{m\Gamma v_1^2}{f\varpi} = \frac{P_M c}{f\delta c'}\,\frac{c_1}{c}.$$

Elles sont indépendantes :

1° De l'influence de la pression sur le mode de combustion de la poudre;

2° De la forme de cette dernière.

Elles sont donc les mêmes pour toutes les théories proposées et ne peuvent être mises en défaut que :

1° Par ce qu'on appelle les perturbations ou effets secondaires, tels

que la répartition des densités et des pressions des gaz derrière le projectile;

2° Les erreurs commises sur la valeur moyenne de Γ, le refroidissement des gaz par les parois de l'âme;

3° Les erreurs des appareils d'enregistrement des pressions.

Si le maximum de pression ne coïncide pas avec la combustion complète de la charge, les formules (1) s'appliquent, non au maximum de pression, mais au point, inconnu, où la combustion est complète.

Le système (1) convient assurément pour un tir de poudre B M_1 à la densité de chargement, de 0,275 fait en 1904, dans le canon de 10^{cm}, modèle 1902. C'est à peu près le seul dont nous puissions disposer, pour comparer, sur le point qui nous intéresse, la théorie avec l'expérience. La pression était enregistrée à l'aide de ressorts; c'est un dispositif moins sûr et moins étudié que ceux dont on pourrait se servir aujourd'hui. On peut craindre que les pressions, observées dans une action rapide, soient trop faibles, comme il arrive pour les crushers; on peut craindre aussi que des mesures, prises à la culasse, soient trop fortes, en raison des frottements du projectile. La pression exacte reste donc un peu douteuse.

Pour faire nos comparaisons, nous avons supposé que l'indication du ressort (2970^{kg}) était remplacée, successivement, par 2870, $2870 \times 1,05$, $2870 \times 1,10$. Avec chacune de ces évaluations, nous avons choisi Γ pour obtenir la vitesse v_1 au point de pression maximum. Cette détermination est précise, car une faible modification de Γ suffit à faire varier v_1 d'une façon très notable. Le déplacement, au contraire, peu sensible à cette influence, varie notablement avec la pression. Voici le tableau des résultats :

Pression maximum adoptée (kg par cm²).	Rapport des chaleurs spécifiques.	Rapport de v_1 calculé à v_1 expérience.	Rapport de c_1 calculé à c_1 expérience.	Indication du ressort (kg par cm²).
	1,206	0,959	1,078	
2870	1,210	1,003	1,075	
	1,214	1,024	1,075	
	1,256	0,996	1,021	
3013	1,260	1,020	1,020	2970
	1,264	1,039	1,019	
	1,296	0,998	0,974	
3157	1,298	1,003	0,972	
	1,300	1,015	0,970	

La coïncidence de c_1 calculé, avec c_1 exp., se produirait, en même

temps que celle de v_1 calc. avec v_1 exp., pour une pression comprise entre 3013 et 3157, et une valeur du rapport des chaleurs spécifiques comprise entre 1,256 et 1,300.

Ainsi, lorsqu'il s'agit d'une poutre vive, BM_1, les nombres calculés ne sont pas en discordance avec les nombres expérimentaux.

Comme les objections, présentées au sujet de ces derniers, se rapportent seulement au mode de fonctionnement des appareils de mesure, rien dans les constatations précédentes ne vient confirmer ces objections dans le cas général, il n'y a aucune raison de supposer les valeurs de c_1, expérimentales, trop grandes.

En admettant que les pressions indiquées par le ressort sont un peu faibles, les valeurs du rapport des chaleurs spécifiques se rapprochent beaucoup de celles qui paraissent aujourd'hui les plus vraisemblables.

Les constatations précédentes sont d'ailleurs trop peu nombreuses et, en raison de l'indigence des documents expérimentaux, on doit se borner à signaler les formules (1), sans chercher à en déduire pour le moment des conclusions définitives.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Nouvelle extension de la méthode des zones (Ritchey) à la détermination des aberrations en dehors de l'axe.* Note de M. J. Cojan, présentée par M. A. Cotton.

J'ai déjà indiqué (1) une première extension de la méthode des zones à la détermination de la coma tangentielle. La méthode, légèrement modifiée, permet également la détermination d'une aberration sagittale liée aux points de rencontre des rayons situés dans le plan méridien de symétrie et de la courbe lieu des éléments de focales sagittales. Cette courbe est la section de la seconde nappe de la caustique par le plan méridien.

Deux rayons incidents symétriques par rapport à ce plan conservent la même symétrie après avoir traversé le système et s'y concentrent à nouveau. Ces deux rayons tendent vers un rayon méridien déterminé lorsque leurs inclinaisons sur le plan méridien tendent vers zéro et leur point de rencontre a comme limite, dans les mêmes conditions, le point de rencontre cherché du rayon méridien et de la courbe lieu des éléments de focales sagittales. Il suffit pour cela que les traces des deux rayons sur la surface d'onde décrivent une courbe qui soit tangente à la ligne de courbure au

(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 893.

point où le rayon méridien rencontre lui-même cette surface d'onde. Par raison de symétrie il suffit que la tangente en ce point soit perpendiculaire au plan méridien.

On dispose dans le plan du diaphragme de l'objectif un écran percé d'un trou central qui isole le rayon principal et d'un certain nombre d'autres situés dans la section méridienne de part et d'autre du centre. Sur la perpendiculaire au plan méridien passant par le centre de chacun de ces trous, on isole, au moyen d'ouvertures disposées symétriquement par rapport au plan méridien, des rayons eux-mêmes symétriques par rapport à ce plan. La position du centre de chaque trou se définit par rapport à deux axes rectangulaires passant par le trou central. L'axe des x est parallèle au plan méridien et l'axe des y lui est perpendiculaire.

Lorsque le couteau passe par l'intersection des deux rayons symétriques, les zones correspondantes de l'écran s'assombrissent uniformément. Le couteau se déplace en profondeur parallèlement au rayon principal réfracté : son arête est perpendiculaire à ce rayon et parallèle au plan méridien de symétrie.

On détermine ainsi la distance $s_{x,y}$ du point d'intersection de deux rayons symétriques à un plan origine quelconque perpendiculaire au rayon principal réfracté. La précision de la mesure est du même ordre de grandeur que celle de la mesure des aberrations axiales.

En répétant la détermination pour les rayons passant par des ouvertures situées sur une même perpendiculaire au plan méridien (x constant), on trace la courbe $s_{x,y}$ fonction de y. La distance $s_{x,0}$ correspondant au point où le rayon méridien passant par l'ouverture (x, o) rencontre l'élément de focale sagittale, se détermine en prenant l'intersection de la courbe $s_{x,y}$ avec l'axe des y qui est d'ailleurs tangent à la courbe au point d'intersection cherché.

On peut répéter la même détermination pour tous les rayons situés dans le plan méridien et isolés par les ouvertures de l'écran.

Comme cas particulier, la mesure permet de fixer la position de l'élément de focale sagittale sur le rayon principal.

Exemple. — Détermination de l'aberration sagittale d'un objectif de 500^{mm} de foyer pour une radiation de longueur d'onde $\lambda = 0^{\mu},436$ à 20° de l'axe.

R. méridiens...	$x = 7^{mm}$ (gauche).		$x = 0$ (rayon principal).		$x = 7^{mm}$ (droite).	
	y.	$s_{7,y}$.	y.	$s_{0,y}$.	y.	$s_{7,y}$.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	7	7,20	14	7,91	7	8,57
	21	7,57	21	8,02	21	8,02
			28	8,19		
	Valeurs limites :					
	$s_{7,0} = 7^{mm},14$		$s_{0,0} = 7^{mm},86$		$s_{7,y} = 8^{mm},64$	

(Comme il n'y a aucune symétrie dans la réfraction des rayons situés dans le plan méridien par rapport au rayon principal, il faut distinguer les zones placées à droite et celles placées à gauche du trou central.)

PHYSIQUE. — *Mesure de la dispersion du sulfure de carbone dans l'ultraviolet.* Note de MM. **G. Bruhat** et **M. Pauthenier**, présentée par M. A. Cotton.

La dispersion du sulfure de carbone dans l'ultraviolet a été étudiée d'une manière générale par Martens [1], par Flatow [2] et par Fricke [3], mais aucune mesure précise n'a été faite au voisinage des bandes d'absorption, particulièrement de la bande $322^{m\mu}$. Nous avons complété dans cette région nos mesures d'absorption [4] par des mesures d'indice de réfraction.

Méthode. — Nous avons utilisé la méthode des prismes croisés avec un prisme P de sulfure de carbone à petit angle (environ 48′) à arête verticale et deux prismes de quartz droit et gauche à arêtes horizontales; ces derniers sont réglés au minimum de déviation pour $322^{m\mu}$ ou pour $265^{m\mu}$, suivant qu'il s'agit d'étudier la dispersion au voisinage de la première bande ou à l'approche de la seconde. Le système est placé entre un collimateur et une chambre photographique à objectifs achromatiques.

Nous formons sur la même plaque, avec le même temps de pose, deux spectres de dispersion pour deux positions du prisme P à 180° l'une de l'autre; le réglage de ce prisme normalement à l'axe du faisceau est immédiat par autocollimation. Nous mesurons avec une machine à diviser la distance d des points homologues des deux images de la fente pour une même

(1) *Annalen der Physik*, **6**, 1901, p. 603.
(2) *Annalen der Physik*, **12**, 1903, p. 85.
(3) *Annalen der Physik*, **16**, 1905, p. 865.
(4) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 153.

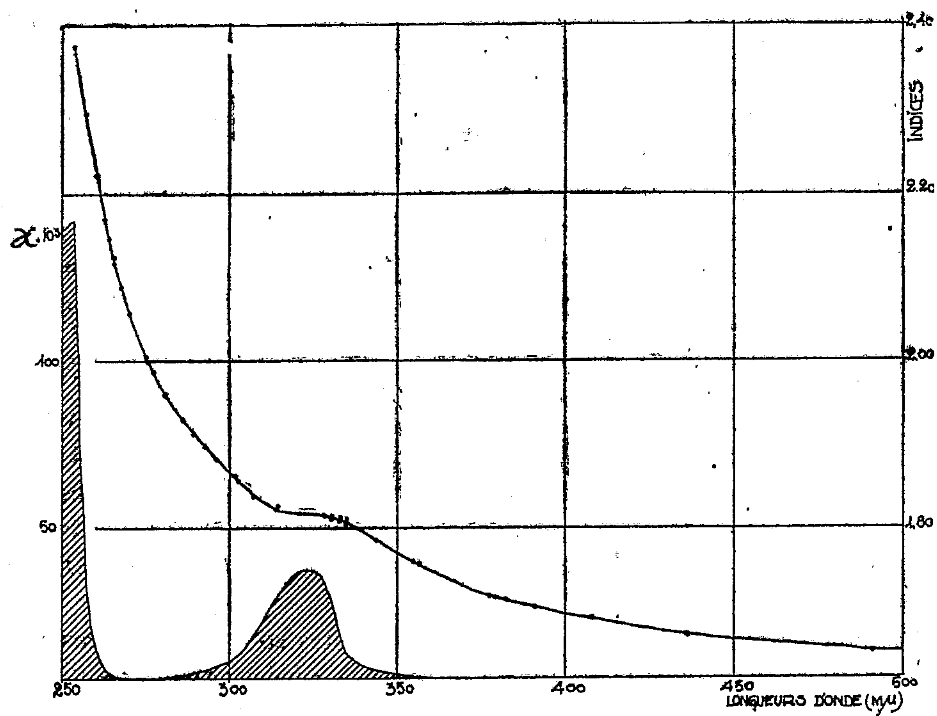

2,40
INDICES
2,20
$\chi.10^3$
100
2,00
50
1,80
250
300
350
400
450
500
LONGUEURS D'ONDE (M/μ)

Fig. 1.

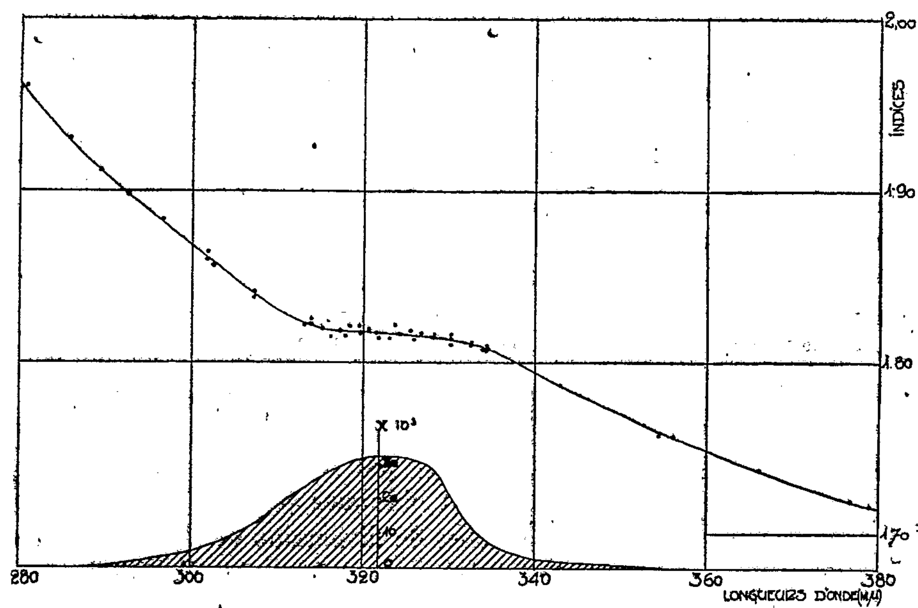

2,00
INDICES
1,90
1,80
$\chi\ 10^3$
1,70
280
300
320
340
360
380
LONGUEURS D'ONDE (M/μ)

Fig. 2.

radiation; si n est l'indice du sulfure de carbone pour cette radiation, on a, en désignant par k une constante $d = k(n-1)$.

Sources. — Nous prenons comme source, soit un arc au mercure en quartz, soit une étincelle condensée éclatant entre pointes, l'une de zinc et l'autre de cuivre; nous construisons d'abord la courbe de dispersion du spectrographe de quartz (sans sulfure de carbone). Cette courbe nous permet d'utiliser à la fois les raies et le fond continu assez intense de l'étincelle. Nous avons pu ainsi augmenter le nombre des points expérimentaux à l'intérieur de la bande $322^{m\mu}$; il est alors indispensable que la fente du collimateur soit très fine.

Corrections. — Nous avons fait les corrections nécessaires pour tenir compte, d'une part de ce que les lames de quartz entre lesquelles se trouve le sulfure de carbone sont très légèrement prismatiques, d'autre part de ce que la plaque photographique n'est pas normale à tous les rayons qui forment les spectres; ces corrections sont d'ailleurs toujours très petites. En outre, nous avons ramené toutes les mesures à la même température de 20° C.

Précision des mesures. — Les mesures précédentes sont des mesures relatives. Nous avons déduit la valeur de la constante k des valeurs de l'indice données par Flatow en dehors des bandes d'absorption; nous avons ainsi vérifié que nos résultats sont bien d'accord avec les siens dans ces régions. L'erreur possible est en général de l'ordre d'une unité de la troisième décimale.

Comme le montre la courbe 2, les pointés deviennent un peu moins précis à l'intérieur même de la bande d'absorption $322^{m\mu}$: en raison de la grande absorption du sulfure de carbone dans cette région, l'épaisseur utile du prisme P est alors très petite, et le pouvoir séparateur correspondant est notablement réduit.

Résultats. — Nos mesures s'étendent de l'extrémité du spectre visible jusqu'à la radiation 2537 Å du mercure. Nous donnerons dans un autre Recueil le tableau complet des résultats; leur ensemble est donné par la courbe 1; la courbe 2 représente, à une échelle plus grande, la variation de l'indice au voisinage et à l'intérieur de la bande $322^{m\mu}$.

Nous avons reproduit pour mémoire, par les courbes hachurées, les valeurs que nous avons précédemment obtenues pour l'indice d'extinction $\varkappa$: on reconnaît, entre les courbes de dispersion et d'absorption, les relations classiques prévues par les formules de Ketteler-Helmholtz.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Étude du mélangeur des trompes à gaz à basse pression.* Note de M. **Fernand Prothais**, présentée par M. Rateau.

Dans ses travaux sur les trompes [1], M. Rateau a envisagé le cas du fonctionnement normal du mélangeur; j'ai cherché, dans la présente étude, à préciser l'influence sur le fonctionnement de ce dernier de la variation de ses éléments de construction.

Nous supposerons que les deux fluides arrivent par deux tuyères concentriques et qu'ils ont mêmes constantes thermodynamiques.

Soient s_1, s_2 les sections terminales des tuyères inductrice et induite, s la section de fin de mélange, w_1, w_2, w les vitesses respectives des gaz dans ces sections, ϖ_1, ϖ_2, ϖ leurs densités, t_1, t_2, t et T_1, T_2, T leurs températures centigrades et absolues. L'équation de continuité s'écrit

$$(1) \qquad s_1 w_1 \varpi_1 + s_2 w_2 \varpi_2 = s w \varpi.$$

L'équation des quantités de mouvement donne

$$(2) \qquad s_1 w_1 \varpi_1 (w_1 - w) = s_2 w_2 \varpi_2 (w - w_2)$$

et l'équation des échanges de chaleur

$$(3) \qquad s_1 w_1 \varpi_1 t_1 + s_2 w_2 \varpi_2 t_2 = s w \varpi t.$$

Posons

$$\frac{s_1}{s} = m_1, \qquad \frac{s_2}{s} = m_2, \qquad \frac{w_1}{w} = x, \qquad \frac{w_2}{w} = y, \qquad \frac{T_2}{T_1} = \theta,$$

Les équations (1), (2) et (3) deviennent, après transformations,

$$(1)' \qquad m_1 \theta x^2 + m_2 y^2 = m_1 \theta x + m_2 y,$$

$$(2)' \qquad m_1 x + m_2 y = 1,$$

$$(3)' \qquad T = \frac{T_2}{m_1 \theta x + m_2 y}.$$

(1)′ et (2)′ déterminent x et y en fonction de m_1, m_2 et θ, et, si x et θ sont supérieurs à 1, la valeur positive de x convient seule ainsi que la valeur correspondante de y.

Rendement mécanique du mélangeur ρ'_m. — Soient M_1 et M_2 les débits

[1] *Revue de Mécanique*, 2, 1900, p. 265.

masse inducteur et induit, q_1 et q_2 les débits volumes correspondants; la force vive perdue par M_1, passant de w_1 à w, a été employée à augmenter la force vive de M_2, passant de w_2 à w, à compenser les pertes internes, donc le travail de compression qui a pour valeur $\frac{q_1\varpi_1}{2g}(w_1 - w)^2$, et à vaincre les frottements R'.

Or, lorsque la pression du fluide inducteur est relativement peu élevée par rapport à celle du fluide induit, la loi de Borda-Carnot n'intervient pas seule et celle de Bernoulli intervient partiellement; donc la fraction correspondante λ'_m du travail de compression sera transformée sans perte d'énergie mécanique. Il résulte de là

$$\frac{1}{2}M_1(w_1^2 - w^2) - \lambda'_m \frac{\varpi_1 q_1}{2g}(w_1 - w)^2 = \frac{1}{2}M_2(w^2 - w_2^2) + (1 - \lambda'_m)\frac{\varpi_1 g_1}{2g}(w_1 - w)^2 + R'.$$

Les deux derniers termes représentent le travail perdu et transformé en chaleur. Posons

$$(w_1^2 - w^2) - \lambda'_m(w_1 - w)^2 = \frac{1}{\lambda_m} \times 2w(w_1 - w);$$

il vient

$$\rho'_m = \lambda_m \frac{1 + y}{2} = \lambda_m \rho_m,$$

ρ_m étant le rendement théorique du mélangeur, si l'opération s'effectuait intégralement suivant la loi de Bernoulli; λ_m, coefficient caractéristique du mélangeur, ne peut être déterminé que par l'expérience.

Pour des valeurs déterminées de m_1, m_2 et θ, ρ_m croît avec x depuis 0,5 pour $y = 0$ jusqu'à 1 pour $y = 1$; pour des valeurs fixes de m_1 et m_2, ρ_m croît avec θ.

Remarquons que, si $\lambda'_m = 0$, $\lambda_m = \frac{2}{x + 1}$.

Donc, si x croît de 1 à ∞, λ_m décroît de 1 à 0; en pratique, sa valeur ne dépasse pas 0,96 à 0,97.

Appelons angle d'ouverture β du mélangeur, l'angle d'ouverture du tronc de cône ayant pour bases la section du col de la trompe et la section terminale de la tuyère inductrice; nous allons vérifier, par l'interprétation des expériences de M. Rateau [1], que l'effet de la récupération de pression statique est d'augmenter le rendement du mélangeur pour des valeurs de x comprises entre l'unité et $x = x_1$ qui dépend de β et de la forme du profil.

---

[1] *Revue de Mécanique*, 2, 1900, p. 309 à 312.

Adoptant le même numérotage que M. Rateau, nous avons dressé les tableaux suivants :

Trompes	β	$x=1,5$ λ_m	$x=1,5$ λ'_m
3...	2°30'	0,55	0,8
4...	7.50	0,67	0,8
5...	6.40	0,88	0,8
6...	12.50	0,75	0,8

Trompes	β	$x=1,5$ λ_m	$x=1,5$ λ'_m	$x=2$ λ_m	$x=2$ λ'_m
7...	8°	0,94	0,8	0,82	0,666
8...	9.10'	0,92	0,8	0,76	0,666
9'..	9.40	0,87	0,8	0,72	0,666
9''..	12.40	0,83	0,8	0,67	0,666
10...	12.40	0,83	0,8	0,67	0,666

Les résultats du deuxième tableau sont supérieurs à ceux du premier par suite de la forme plus rationnelle du mélangeur ; on voit en outre l'influence de β et l'on constate que, dans les trompes où β est voisin de l'angle normal d'écoulement des gaz, $\lambda_m > \lambda'_m$.

En résumé :

1° Le coefficient caractéristique maximum du mélangeur atteint sa valeur maximum pour un angle d'ouverture de 6 à 7° ;

2° Lorsque β est invariable, il augmente constamment lorsque x diminue, jusqu'à une valeur maximum atteinte pour $x = 1$;

3° Pour une trompe bien établie, il correspond aux rendements maxima du mélangeur et de la trompe, et la section de fin de mélange vient alors se placer au col de la trompe ;

4° Le rendement pratique du mélangeur a toujours une valeur faible qui, dans les essais étudiés, n'a jamais dépassé 0,51.

RADIOACTIVITÉ. — *Décomposition en groupes définis du rayonnement total du radium, par absorption dans le platine.* Note de Mme **J.-S. Lattès**, présentée par M. Jean Perrin.

Etant donnée la longue suite de ses descendants, le radium, préparé depuis un certain temps, contient, même avant que l'équilibre radioactif soit atteint, un grand nombre de produits de désintégration. Le rayonnement, émis par les préparations de radium et utilisé en thérapeutique, est donc très complexe.

Le but du présent travail a été de décomposer en groupes définis ce rayonnement complexe en l'analysant par absorption dans le platine, métal généralement utilisé comme filtre dans les applications médicales.

Mais la production de rayonnements secondaires au sein même des écrans absorbants vient compliquer le phénomène d'absorption, de telle sorte que le rayonnement global mesuré dans la chambre d'ionisation comprend :

1° Les rayons γ primaires;

2° Les rayons β primaires;

3° Les rayons β secondaires produits par les rayons γ primaires;

4° Les rayons γ secondaires produits par les rayons β primaires.

Ces différents rayonnements ont pu être mis en évidence isolément et même décomposés en groupes grâce à une méthode expérimentale et à des calculs particuliers qui seront décrits ultérieurement. Ces groupes sont définis par un coefficient d'absorption indépendant de l'épaisseur traversée, sans qu'on préjuge rien de leur composition spectrale (électromagnétique ou corpusculaire).

La source utilisée est une ampoule préparée en 1907 et contenant de 62, à 65^{mg} de radium-élément sous forme de bromure de radium presque exempt d'impuretés. L'épaisseur des parois de verre est de l'ordre de $0^{mm},3$ à $0^{mm},5$.

Les résultats obtenus peuvent se résumer ainsi :

1° *Rayonnement γ primaire.* — On peut mettre en évidence trois groupes de rayons γ caractérisés par leur coefficient massique d'absorption dans le platine $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{Pt}$ (ou l'épaisseur de platine D_{Pt} nécessaire pour diminuer le rayonnement de moitié).

2° *Rayonnement β primaire.* — Il peut être décomposé en quatre groupes dont les caractéristiques sont données dans le tableau général ci-contre.

3° *Rayonnement β secondaire produit par les rayons γ primaires.* — Ce rayonnement, comme celui qui le produit, peut être décomposé en trois groupes, les groupes primaires et secondaires se correspondant deux à deux.

4° *Rayonnement γ secondaire produit par les rayons β primaires.* — La très faible proportion de ce rayonnement dans le rayonnement total (au maximum 0,1 pour 100) n'a pas permis, jusqu'à présent, de l'analyser.

Les résultats numériques relatifs à ces divers rayonnements sont réunis dans le tableau suivant :

Nature du rayonnement.	Désignation des groupes.	$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{Pt}$.	D_{Pt}. (mm)	Composition pour 100 du rayonnement du radium ayant traversé une épaisseur de platine de : 0.		$0^{mm},15$.		$0^{mm},30$.		$0^{mm},50$.		1^{mm}.		$1^{mm},5$.	
γ primaire	I......	0,063	5,14	13	17	56,4	68,3	67,9	78,2	73,9	81,2	80,3	83,8	82,9	84,5
	II.....	0,869	0,37	3		10,1		9,2		7,3		3,5		1,6	
	III.....	2,95	0,11	1		1,8		1,1		néglig.		néglig.		néglig.	
β primaire	IV.....	8,04	0,04	24	83	9,7	9,7	1,1	1,1	négligeables		négligeables		négligeables	
	V.....	26,1	0,012	13		néglig.		néglig.							
	VI.....	55,5	0,006	28		néglig.		néglig.							
	VII....	218	0,0015	18		néglig.		néglig.							
β secondaire engendré dans le platine	VIII...	13,9	0,023	0	0	9,7	22,0	12,0	20,7	13,3	18,8	14,1	16,2	14,7	15,5
	IX.....	85,0	0,0038	0		6,6		6,0		4,9		2,1		0,8	
	X.....	151	0,0022	0		5,7		2,7		0,6		néglig.		néglig.	
					100		100		100		100		100		100
Rapport des intensités des rayonnements β et γ............................				$\frac{\beta}{\gamma} = 4,88$		0,464		0,279		0,232		0,193		0,183	

Remarques. — 1° Les valeurs trouvées et indiquées dans ce tableau pour les coefficients d'absorption sont en bon accord avec celles que l'on peut déduire des données de divers auteurs rassemblées dans un article du *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik*, 19, 1922, p. 334.

2° En dehors du groupe VII qui semble dû au radium lui-même; et du groupe V, si, comme il est vraisemblable, il provient au moins partiellement du Ra E dont la substance mère est à formation lente, les ampoules de radon utilisées en thérapeutique fournissent le même rayonnement que les préparations de radium.

3° Les indications données ci-dessus pour les rayons β primaires et secondaires ont une grande importance au point de vue des applications médicales. On sait en effet que ces rayons β sont presque exclusivement responsables du phénomène de nécrose (¹).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur un alignement de sources radioactives dans la région du Velay (Haute-Loire).* Note (²) de M. **A. Baldit**, présentée par M. M. de Broglie.

Une étude sur les sources minérales du Velay (³) et de la région qui l'entoure immédiatement m'a conduit, il y a quelques années, à cette constatation, que, sur 17 sources étudiées, 3 seulement présentent des signes assez remarquables de radioactivité, soit sous la forme d'émanation (Les Estreys, Sembadel), soit sous la forme de dépôt actif (Bonnefont).

Je donne ci-après, en même temps que les positions de ces 3 sources, leur radioactivité en millimicrocuries par litre d'eau, et un bref résumé de leurs particularités.

Source.	Latitude N.	Longitude E. Paris.	Altitude.	Radioactivité en millimicrocuries par litre d'eau.
	°	°	m	
Sembadel	45.16,7	1.21,7	1080	34
Les Estreys	45.04.1	1.28,7	665	34 (⁴)
Bonnefont	44.55.2	1.34,8	730	1

(¹) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 867 et 963; 177, 1923, p. 798.

(²) Séance du 9 mars 1925.

(³) A. Baldit, *Sur la radioactivité des Sources minérales du Velay* (*Mém. de la Société Scient. de la Haute-Loire*, 16, 1909-1910, p. 189), et *Sur la radioactivité de la Source des Estreys et des eaux minérales de la région du Velay* (*Gazette des Eaux*, 54, 11 mars 1911, p. 213).

(⁴) Le chiffre de 34 est le résultat de plusieurs mesures. De nombreuses

Sembadel. — Source froide. Sort du granite gneissique, à la limite du gneiss granulitique. Débit insignifiant.

Les Estreys. — Source froide (16°). Sur la rive gauche de la Borne, affluent de la Loire. Jaillit au milieu d'alluvions modernes, après avoir traversé des marnes oligocènes (bassin lacustre tertiaire du Puy). Basalte pliocène dans le voisinage. La source est dominée par une grande coulée basaltique quaternaire. Des mesures effectuées sur le gaz spontané, m'ont donné des radioactivités égales, malgré des conditions extérieures très différentes ([1]). Période de désactivation de 3,75 jours. La courbe d'activité du gaz montre au début, à 15 minutes environ de l'origine un maximum net, suivi d'une lente décroissance.

Bonnefont. — Source froide. Sort du granite, sur les deux rives de la Loire, et, même dans le lit du fleuve. Le dépôt recueilli à l'émergence est très nettement radioactif. Radio élément de la famille du thorium. Période égale à 10,9 heures.

Mon attention s'étant reportée dernièrement sur ces trois sources, je constate qu'elles forment un *alignement sensiblement rectiligne.*

La droite qui joint les deux sources de Sembadel et de Bonnefont passe à 600^m seulement à l'Est de la source des Estreys qui se trouve entre les deux premières. La distance des sources extrêmes étant de 44^{km}, l'alignement doit être considéré comme satisfaisant. On peut faire remarquer d'ailleurs que si les points d'émergence des sources extrêmes, Sembadel et Bonnefont, sont déterminés avec précision, par la nature même du terrain d'où elles sortent (terrain primitif), il n'en est pas de même de la source des Estreys qui jaillit après avoir traversé des terrains sédimentaires, et est entourée de coulées basaltiques de différentes époques. Son émergence a donc pu être légèrement modifiée.

Malgré ce dispositif particulier du tracé, on pourrait être porté à ne voir dans le groupement suivant un axe rectiligne des trois sources précédentes qu'une coïncidence fortuite. La détermination d'une source radioactive *nouvelle*, se plaçant sur la même droite, rend aujourd'hui tout à fait probable l'existence d'une sorte d'axe géologique très étendu, le long duquel se groupent les radioactivités les plus fortes de la région.

---

déterminations que j'ai faites, échelonnées sur plusieurs années à partir de 1907, m'ont donné comme moyenne, en unités Mache le chiffre de 85 qui correspond précisément à celui de 34 en millimicrocuries.

([1]) M. A. Lepape a bien voulu faire une première analyse du gaz spontané des Estreys (10 janvier 1925). Il donne comme composition centésimale en vol. : anhydride carbonique, 61,53 pour 100; oxygène, 0,61 pour 100; gaz combustibles, traces; azote, 37,44 pour 100; argon, avec traces de krypton et de xénon, 0,29 pour 100; hélium avec traces de néon, 0,13 pour 100.

La source en question est située sur la rive gauche du ruisseau de Ceyssac. Elle ne pouvait être que difficilement remarquée, car elle jaillissait autrefois dans le lit même du ruisseau; mais celui-ci ayant été dévié par une crue récente, la source est aujourd'hui accessible. Elle nous a été indiquée en janvier 1925.

	Latitude N.	Longitude E. Paris.	Altitude.	Rad. en millimicrocuries par lit. d'eau.
Source Ceyssac.......	45°02″,7	1°30″,3	670^{m}	14

Les deux déterminations de radioactivité faites le 25 janvier et le 5 février 1925 [1] ont été concordantes. Cette source n'a qu'un très faible débit. Comme les précédentes, elle est froide (13°), et son site géologique est analogue à celui des Estreys, marne oligocène et basalte pliocène. Elle se place *exactement* sur l'axe rectiligne dont nous avons parlé qui groupe ainsi sur une longueur de plus de 40^{km} une source à dépôt nettement actif et trois sources de radioactivité égale ou supérieure à 12 millimicrocuries.

Le gisement de cet axe est N 23° W. C'est la direction de nombreuses lignes de fracture dans cette partie du Velay. C'est également la direction des massifs volcaniques du Meygal et du Velay, ainsi que de la bande de gneiss de la vallée de l'Allier (N 20° W) [2]. Quelques particularités géologiques se succèdent le long de cette droite : volcan du Mont Bar, volcan qui domine la source des Estreys, orientation d'une partie de la vallée de la Borne et de la Loire, qui semblent dans le prolongement l'une de l'autre, etc.

Le développement en profondeur d'un accident géologique situé près de la grande ligne de fracture qui a donné naissance à la chaîne des monts du Velay, explique pourquoi la radioactivité s'est manifestée dans le Velay, plus spécialement suivant cet axe, aux endroits où il coupe les différents cours d'eau de la région. La variation de la radioactivité le long de cet axe suscite en outre une remarque qui n'est pas sans intérêt.

On admet généralement que les sources fortement ou très fortement radioactives, en France, jaillissent de terrains granitiques, et l'on explique cette particularité par la teneur plus élevée du granite en radio éléments.

La radioactivité de la source de Sembadel, et celle de la source de Bonnefont, dont le dépôt est actif, peuvent être attribuées exclusivement au granite ou à une roche de composition voisine. Il n'en est pas de même

---

(1) Appareil de C. Engler et H. Sieveking. Appareil de W. Schmidt.

(2) Boule, *Description géologique du Velay*, p. 21.

des sources des Estreys et de Ceyssac, dont l'une est fortement radioactive. Ces sources ont peut-être leur origine profonde dans la masse granitique, mais elles traversent sur une épaisseur probablement assez grande des terrains sédimentaires et sont voisines de centres éruptifs. Ces deux causes interviennent sans doute dans la radioactivité de ces sources, et l'on ne peut accepter ainsi sans restriction le principe qui rattache au granite les fortes radioactivités des sources minérales.

Nous ferons remarquer encore qu'à l'intérêt qu'offre au point de vue géologique un alignement de sources fortement radioactives, analogue à celui que nous avons déterminé, s'ajoute un intérêt évident en ce qui concerne les recherches d'hydrologie pratique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Vitesses de cristallisation du gypse et obtention d'un plâtre à haute résistance.* Note de M. **L. Chassevent** présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons précédemment étudié [1] à la température de 16° la vitesse de cristallisation d'une solution saturée de $SO^4Ca\frac{1}{2}H^2O$, soit seule, soit en présence de germes de $SO^4Ca.2H^2O$. Cette étude a été poursuivie au moyen de la conductibilité électrique à des températures comprises entre 16° et 80°. Les résultats sont représentés par les courbes de la figure d'autre part qui indiquent la concentration de la solution en grammes de SO^4Ca dissous dans 1000^g d'eau en fonction du temps.

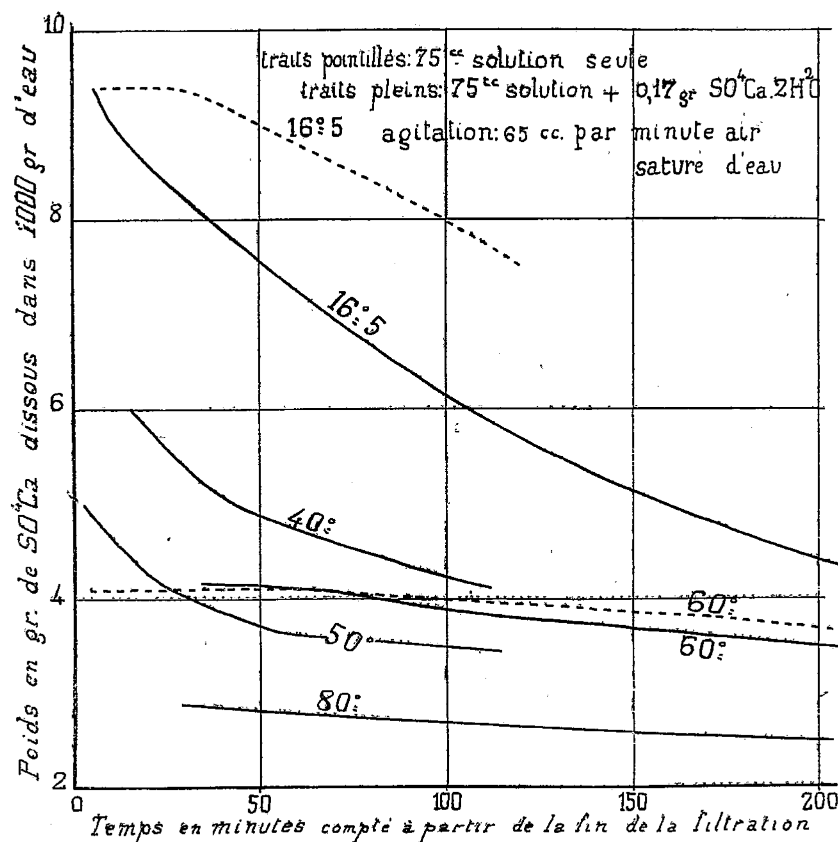
L'allure de ces courbes montre une variation continue de la vitesse de cristallisation à partir de 60°. L'influence des germes de $SO^4Ca\,2H^2O$ sur la vitesse de cristallisation devient alors sensiblement nulle. Par exemple il n'y a qu'une diminution de concentration de $0^g,45$ de SO^4Ca dans 1000^g d'eau à 60° après 200 minutes tandis qu'il y a une diminution de $1^g,5$ à 50° après 100 minutes.

Nous avons d'autre part étudié à 60° et à 80° la cristallisation de solutions de concentrations supérieures à celles correspondant à la solubilité de $SO^4Ca\frac{1}{2}H^2O$ aux températures considérées. Ces solutions ont été obtenues par saturation en $SO^4Ca\frac{1}{2}H^2O$ soit au-dessous de 60° soit entre 60° et 80°.

Dès que l'on porte à 60° ces solutions la concentration diminue d'abord

[1] P. Jolibois et L. Chassevent, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1543.

très rapidement jusqu'à une valeur comprise entre la solubilité de $SO^4Ca.2H^2O$ et celle de $SO^4Ca\frac{1}{2}H^2O$ puis elle ne se rapproche ensuite que très lentement de celle de $SO^4Ca.2H^2O$.



A 80° ces solutions laissent déposer rapidement du $SO^4Ca.2H^2O$, même lorsque la cristallisation ne commence qu'au-dessus de 60°, jusqu'à ce que la concentration soit égale à la solubilité de $SO^4Ca\frac{1}{2}H^2O$ puis elle ne varie plus sensiblement après 3 heures.

Nous avons cherché à appliquer la diminution de la vitesse de cristallisation au-dessus de 60° des solutions sursaturées par rapport à $SO^4Ca.2H^2O$

à la prise du plâtre. Celle-ci ne pouvant sensiblement pas se faire à ces températures on peut travailler le produit longuement sans nuire à la prise. Or le plâtre est habituellement gâché avec un grand excès d'eau par rapport à la quantité théorique correspondant à la formation de $SO^4Ca.2H^2O$. En comprimant le plâtre vers 80° après lui avoir ajouté de l'eau en quantité juste suffisante, on obtient en laissant la prise se faire à la température ordinaire, un produit d'une grande résistance qui se polit bien et a l'aspect du marbre.

Le tableau ci-dessous représente en fonction de la densité apparente la résistance à la compression d'un cylindre de $1^{cm},5$ de diamètre et de $1^{cm},5$ de hauteur, après 15 jours.

10g de plâtre à mouler additionnés de 1g,9 d'eau et comprimés.			$SO^4Ca\frac{1}{2}H^2O$ obtenu à partir du sulfate précipité.		
Densité apparente.	Résistance à la compression.	Pression employée pour obtenir un cylindre de 2cm de diamètre.	Densité.	Résistance.	Pression.
	kg	kg		kg	kg
1,75	360	100	1,55	160	100
1,85	640	200	1,78	250	300
2,01	1100	600	2,11	1050	2000
2,18	1700	2000	2,19	1400	4000

Plâtre à mouler gâché habituellement (100^g de plâtre pour 45^{cm^3} d'eau), densité 1,45, résistance 340^{kg}. Résistance d'un ciment portland gâché avec le minimum d'eau et gardé 2 mois sous l'eau : 1050^{kg}.

Le durcissement du plâtre ainsi traité est lent à cause de la petite quantité d'eau employée.

Résistance à la compression après 3 jours, 500^{kg} ; après 15 jours, 900^{kg} ; après 28 jours, 1060^{kg}.

Il est impossible d'obtenir une densité supérieure à 2,18 du fait de la contraction lors de la prise du plâtre à mouler. D'autre part un échantillon d'albâtre (densité 2,32) n'a donné qu'une résistance de 350^{kg} ce qui est dû à ce fait bien connu que des cristaux fins enchevêtrés donnent une résistance plus grande que des gros cristaux agglomérés.

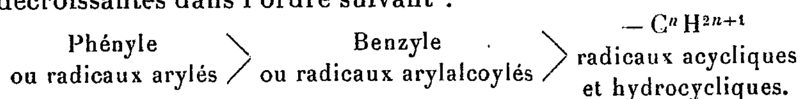
En résumé, nous avons étudié la variation avec la température de la vitesse de cristallisation des solutions sursaturées de sulfate de chaux, et nous avons appliqué le fait que celle-ci devient sensiblement nulle au-dessus de 60°, à la préparation d'un plâtre à haute résistance par compression après addition d'une quantité d'eau inférieure à celle employée habituellement lors du gâchage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Comparaison des aptitudes migratrices de l'hydrogène et de quelques radicaux de la série acyclique.* Note de M[lle] **J. Lévy** et M. **Roger Lagrave**, présentée par M. A. Haller.

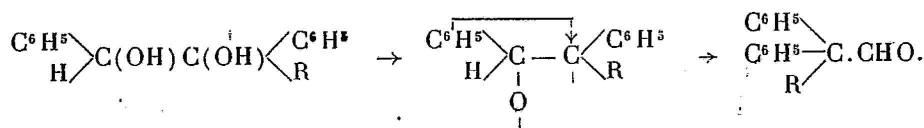
Les réactions transpositrices ont permis d'aborder l'étude de la détermination des aptitudes migratrices relatives des différents radicaux, cycliques ou acycliques.

Le procédé de comparaison le plus simple consiste à offrir simultanément aux deux groupements considérés les mêmes possibilités apparentes de migration en les disposant dans des conditions structurales identiques. On conçoit qu'on puisse, dans ces conditions, obtenir soit un seul des deux produits théoriquement possibles, soit un mélange avec ou sans prédominance de l'un d'entre eux.

Un assez grand nombre de comparaisons ont été déjà effectuées, et les données expérimentales actuellement acquises, bien qu'encore insuffisantes, permettent de ranger les différents radicaux d'après leurs aptitudes migratrices décroissantes dans l'ordre suivant :



Pour ce qui est de l'atome d'hydrogène, on n'a point jusqu'ici résolu d'une façon définitive la question de ses aptitudes migratrices [1]. On sait cependant que lorsqu'on oppose un atome d'hydrogène à un radical cyclique, c'est ce radical qui émigre [2] :



De même, lorsqu'on oppose l'atome d'hydrogène à une chaîne fermée hydrocyclique [3], c'est cette chaîne qui émigre avec raccourcissement du cycle qui passe de C^6 en C^5.

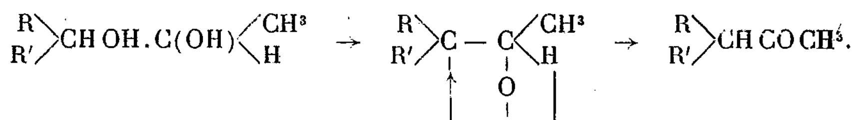
---

[1] En ce qui concerne les capacités affinitaires de l'atome d'hydrogène, la plupart des auteurs (Meerwein, Auwers) admettent qu'elles sont inférieures à celles des divers radicaux, cycliques ou acycliques.

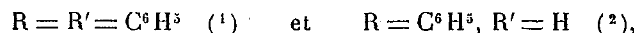
[2] M. Tiffeneau et Dorlencourt, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8[e] série, 16, 1909, p. 237.

[3] M. Tiffeneau, *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 771.

Par contre, lorsqu'on oppose un radical acyclique à l'atome d'hydrogène, c'est ce dernier qui émigre :

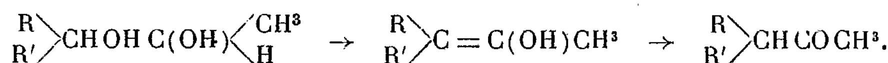


où



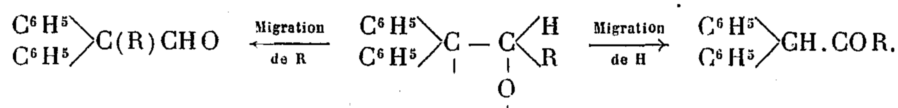
$R = R' = C^6H^5$ (1) et $R = C^6H^5$, $R' = H$ (2),

Toutefois, dans ce dernier cas, on peut supposer qu'il s'agit d'une déshydratation vinylique :



Pour écarter cette possibilité de la formation intermédiaire d'une structure vinylique, il y avait intérêt à étudier cette question dans le groupe des oxydes d'éthylène. Nous avons préparé à cet effet les oxydes d'éthylène correspondant aux carbures éthyléniques $(C^6H^5)^2.C = CHR$.

L'isomérisation de ces oxydes, sous la seule influence de la chaleur, conduit, par rupture de la liaison unissant l'oxygène au carbone le plus substitué, au schéma intermédiaire instable ci-dessous, d'où il peut résulter, suivant qu'il y a migration de H ou de R, soit une cétone (migration de H), soit une aldéhyde (migration de R), soit un mélange de ces deux produits :



Nous avons pris successivement pour R le radical méthyle et le radical éthyle. Les deux oxydes d'éthylène correspondants ont été préparés par action de l'acide perbenzoïque (3) respectivement sur le diphényl-1.1-propène-1 (4) et sur le diphényl-1.1-butène-1 (5).

---

(1) Stoermer, *D. Ch. G.*, **39**, 1906, p. 2302. — M. Tiffeneau, *Comptes rendus*, **143**, 1906, p. 127.

(2) M. Tiffeneau, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, **10**, 1907, p. 243. — Zincke et Zahn, *D. Chem. Ges.*, **43**, 1910, p. 849.

(3) H. Prilejaieff, *Journ. Soc. Phys. Chim. russe*, **32**, 1910, p. 1395. — M. Tiffeneau, Orekhoff et J. Lévy, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 977.

(4) Masson, *Comptes rendus*, **135**, 1902, p. 533. — Sabatier et Murat, *Comptes rendus*, **145**, 1912, p. 385.

(5) Skraup et Freundlich, *Ann. de Lieb.*, **431**, 1923, p. 267. — Klages, *D. Ch. G.*, **37**, 1904, p. 1451.

*Oxyde de diphényl-*1.1*-propène-*1 $(C^6H^5)^2C - CHCH^3$. — Cet oxyde (éb. 178°-

O

180° sous 21mm, F = 34°) s'isomérise par distillation lente à la pression atmosphérique en diphényl-1.1-propanone-2 dont la semicarbazone fond à 165-166°.

Il en résulte qu'il y a donc, dans ce cas, migration exclusive de l'atome d'hydrogène.

*Oxyde de diphényl-*1.1*-butène-*1 $C^6H^5)^2.C - CHC^2H^5$. — Cet oxyde (Eb. : 170°-

O

175° sous 18mm) s'isomérise par distillation lente à la pression atmosphérique en un mélange de diphényl-.1-1-butanone.2 $(C^6H^5)^2.CHCOC^2H^5$ (semicarbazone, F = 194°-195°) (1) et de diphényléthylacétaldéhyde $(C^6H^5)^2.C(C^2H^5) - CHO$ (semicarbazone, F = 175°-176°) (2) avec prépondérance du produit à fonction cétonique. Il y a donc migration du radical d'éthyle et de l'atome d'hydrogène, mais cette dernière migration l'emporte quantitativement sur la première.

Conclusions. — Dans l'isomérisation des oxydes d'éthylène dérivés des carbures éthyléniques de la forme $(C^6H^5)^2.C = CHR$ la migration de l'hydrogène l'emporte sur celle des radicaux méthyle et éthyle ($R = CH^3$ ou C^2H^5).

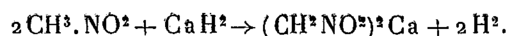
Cette migration de l'hydrogène est exclusive pour $R = CH^3$ et seulement prédominante pour $R = C^2H^5$. Cette différence entre le méthyle et l'éthyle peut se concevoir par le fait déjà connu (3) que les aptitudes migratrices de l'éthyle sont supérieures à celles du méthyle et se rapprochent par conséquent de celle de l'hydrogène sans toutefois l'atteindre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction des dérivés nitrés par l'hydrure de calcium.* Note (4) de MM. J.-F. **Durand** et **Sherrill Houghton**, présentée par M. Paul Sabatier.

I. *Dérivés nitrés de la série acyclique.* — Le *nitrométhane* dissous dans l'éther anhydre et traité à froid par CaH^2 pulvérisé donne un vif dégagement d'hydrogène. On recueille très exactement 1 molécule d'hydrogène par

(1) Orekhoff, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 25, 1919, p. 183.
(2) M. Tiffeneau et Dorlencourt, *loc. cit.*
(3) M. Tiffeneau et Lévy, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 312.
(4) Séance du 23 mars 1925.

molécule de nitrométhane; ce dernier corps passe à l'état de sel de calcium :

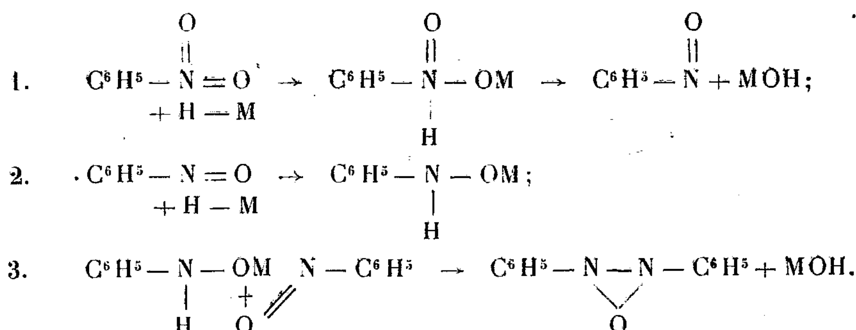


$$2\,CH^3.NO^2 + CaH^2 \rightarrow (CH^2NO^2)^2Ca + 2\,H^2.$$

II. *Dérivés nitrés benzéniques.* — Le *nitrobenzène*, dissous dans la ligroïne Éb. 75°-95°, donne, par ébullition avec CaH^2, un dégagement de vapeurs vertes se condensant en un liquide vert. Le nitrosobenzène a été caractérisé dans ce liquide par sa couleur et par la formation d'azobenzène par l'aniline et l'acide acétique.

En opérant au réfrigérant ascendant, les vapeurs vertes disparaissent bientôt, et, au bout de 2 heures d'ébullition avec un excès de CaH^2, le ballon ne renferme plus que de la chaux et un corps azoté que l'on purifie par entraînement à la vapeur d'eau. Ce corps, cristallisé dans la ligroïne ou un mélange d'alcool et d'eau, forme des aiguilles jaune citron, assez altérables par la chaleur, fondant à 33°-35°, point de fusion qui n'est pas altéré lorsqu'on mélange le corps à de l'azoxybenzène: c'est l'azoxybenzène qui constitue le terme final de la réaction. Cette détermination a été confirmée par un dosage du carbone.

Si l'on pose $M = \frac{1}{2}Ca$, les diverses phases de la réaction sont représentées par les équations



$$1.\quad C^6H^5-N(=O)=O + H-M \rightarrow C^6H^5-N(=O)(-H)-OM \rightarrow C^6H^5-N=O + MOH;$$

$$2.\quad C^6H^5-N=O + H-M \rightarrow C^6H^5-N(-H)-OM;$$

$$3.\quad C^6H^5-N(-H)-OM + O=N-C^6H^5 \rightarrow C^6H^5-N(-O-)N-C^6H^5 + MOH.$$

Cette dernière réaction, entre le nitrobenzène et la β-phénylhydroxylamine (ici, à l'état de dérivé calcique) peut du reste, comme on sait, être effectuée séparément.

Nous avons isolé seulement le nitroso- et l'azoxy-benzène.

La théorie ci-dessus est confirmée par les expériences suivantes :

1° Du *nitrosobenzène*, traité, dans les mêmes conditions, par CaH^2, a fourni, au bout de 2 heures d'ébullition, avec un assez bon rendement, de l'azoxybenzène.

2° De l'*azoxybenzène*, traité de même par CaH^2 dans la ligroïne, est resté inaltéré après 5 heures d'ébullition.

L'action de l'hydrure de calcium sur le nitrobenzène a donc consisté en l'*arrachement* successif des 2 atomes d'oxygène doublement liés à l'azote, le second terme, $C^6H^5—N=$, en présence de $C^6H^5—N=O$, passant à l'état de dérivé azoxyque.

Ces recherches seront étendues à d'autres dérivés, organiques ou minéraux, renfermant les groupes $—NO^2$, $—NO$, $—ClO^4$, $—ClO^3$, $—ClO^2$, ou leurs analogues connus bromés ou iodés.

GÉOLOGIE. — *Sur les phases orogéniques de la chaîne calédonienne scandinave.* Note de M. C. E. **Wegmann**, présentée par M. Émile Haug.

M. E. Argand a fait connaître, il y a plusieurs années, que le plissement des Alpes s'est opéré en phases successives. Des faits semblables ont été observés dans d'autres chaînes de montagnes.

Les indices d'un mouvement en plusieurs phases se sont multipliés également ces derniers temps pour la chaîne calédonienne, de sorte que l'on peut songer, semble-t-il, à les coordonner [1]. Que l'on ne nous soupçonne pas de vouloir nier la continuité du plissement; nous tenons simplement à poser quelques jalons pour l'exploration et pour expliquer certains faits.

Le cycle calédonien commence par la transgression cambrienne. Dès le début de l'Ordovicien on constate les premiers témoignages d'un plissement, dont le maximum est atteint dans cette période même. C'est la *phase taconique* [2]. Elle est précédée de phénomènes volcaniques intenses et accompagnée d'intrusions ophiolithiques. Les exemples les plus certains peuvent s'observer dans les régions les plus internes de la chaîne, c'est-à-dire le long de la côte norvégienne. Dans l'île de Smölen (63°30′ lat. N.), par exemple, une série de calcaires, de laves, de tufs et de conglomérats fortement plissés est en contact avec des gabbros et des diorites d'âge taconique, qui eux ne montrent que très peu de traces de déformations [3]. En de nombreux points les intrusions ophiolithiques sont suivies d'intrusions acides (trondhjemites); elles ne sont pas partout du même âge. Une notable partie des nappes du Nordland, de Tröndelagen et du Vestland semble

[1] Plusieurs tentatives ont été faites dans ce sens, sans le concours des méthodes de la tectonique moderne malheureusement.

[2] Voir Eliot Blackwelder, *A summary of the orogenic epochs in the geologic history of North America* (*Journ. of Geol.*, 22, n° 7, Chicago, 1914, p. 633-654).

[3] Une description détaillée est en préparation.

dater de cette époque, dans les parties internes de la chaîne en particulier. Sur de grandes étendues, les mouvements taconiques sont du type de déformation en profondeur. Il semble qu'une grande partie des schistes cristallins est due à l'adaptation des roches aux conditions physico-chimiques créées par ce mouvement.

La fin de l'Ordovicien et une partie du Gothlandien sont caractérisées par une formation de Flysch. On y constate également des indices d'un nouveau mouvement, qui tend vers un maximum dans la seconde moitié de cette dernière période. C'est la *phase scandinave*. Ses effets se font surtout sentir le long de la résistance constituée par la Fennoscandie. Les mouvements, pour la plus grande partie, se sont produits plus près de la surface que dans la phase précédente. Une partie des roches déformées pendant cette dernière ont été reprises et charriées en nappes du second genre sur l'avant-pays. Les zones de mouvement y sont localisées; elles sont caractérisées pour la plupart par une déformation en mylonites. La grande partie des faits jusqu'ici connus rentrent dans cette phase : charriages du Glint, du Jämtland, de Jotunheim et du Vestland. Dans certaines régions on reconnaît nettement un mouvement profond et un autre plus superficiel permettant une subdivision en une sous-phase norvégienne et l'autre du Jämtland. Grâce aux travaux de M. Goldschmidt (1), le caractère superficiel d'une partie de la phase scandinave est bien connu. Ce savant a en effet montré comment la nappe de Jotunheim avançait sur ses propres détritus. Ce phénomène n'a pas encore été reconnu pour les nappes du Jämtland (2). Il y aurait peut-être l'indice d'inégales vitesses. C'est à cette phase que l'on doit l'érection de la chaîne en haute montagne.

Pendant le Dévonien se sédimentent des dépôts molassiques. On y constate les témoignages d'une phase orogénique tardive : la *phase brunswickienne* (3). Ces dislocations passant parfois à de vrais charriages se retrouvent dans les terrains plus vieux, mais il est alors difficile d'en préciser l'âge. Il est probable qu'une partie des diaclases apparaissant dans la direction des fjords, et des cours d'eau appartiennent à cette phase. On ne peut la dater que par analogie avec les autres parties de la chaîne calédonienne, les sédiments postérieurs au Dévonien manquant dans les régions en question.

---

(1) V.-M. Goldschmidt, *Konglomeraterne in den höifjeldskvartsen* (*Norges geol. Undersökelse*, n° 77, Kristiania, 1916, 61 pages, 7 planches. Résumé en allemand).

(2) Il est probable que les conglomérats de Dufed (Jämtland) doivent s'interpréter de cette façon.

(3) Blackwelder, *loc. cit.*

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Types karstiques de transition.* Note (¹) de M. **Iovan Cvijic**, présentée par M. Pierre Termier.

Ces types, surtout celui des Causses, se rapprochent plus du Holokarst que du Mérokarst, et ce rapprochement s'accuse dans une épaisseur plus grande du calcaire permettant le développement des formes karstiques en profondeur. Néanmoins, on voit affleurer les couches imperméables sous-jacentes dans une vallée ou dans une autre, parfois même deux ou plusieurs couches marneuses intercalées dans le calcaire. La nappe d'eau ou la zone aquifère qui sert de niveau de base à l'évolution karstique ne se trouve pas dans une profondeur indéfinie et inconnue comme dans le Holokarst dinarique; par suite, l'évolution karstique est plus vite épuisée. En outre, les vallées normales sont plus fréquentes et elles divisent ces régions dans les blocs calcaires bien délimités, isolés, et surtout moins vastes que ceux du Holokarst dinarique. Ces deux causes font que les plus grandes et les plus profondes formes karstiques, les poljes, manquent presque complètement. Plus on s'approche du type jurassien, plus les formes karstiques deviennent réduites et limitées à des compartiments d'une moindre étendue.

Type des Causses. — Ce sont les plateaux calcaires séparés par des vallées profondes en forme de canyons ou de gorge. Leur surface est plus ou moins aplanie par l'érosion fluviale antérieure à la karstification et l'on y rencontre de-ci de-là des cailloux et des sables quartzeux dispersés qui n'entravent nullement ou très peu l'érosion karstique. Il existe ordinairement un contraste entre les formes de l'intérieur et celles de la surface. Les premières, les grottes et les avens sont très développées et en général plus âgées; elles ont commencé à se former au début de la karstification, au moment où l'érosion karstique fut substituée à l'érosion normale; les rivières étant disparues à la surface, les avens, les anciens gouffres des rivières sont restés presque fossiles. Tandis que les seules formes de la surface, les lapiés et les dolines, sont en général plus jeunes, comme dans les hauts plateaux calcaires des Alpes, où elles ont été créées pour la plupart après la glaciation; sur les autres plateaux, elles sont souvent préglaciaires, mais elles n'ont pas cessé de s'approfondir et de se transformer depuis.

Il y a trois groupes de plateaux karstiques du type Causses bien étudiés :

(¹) Séance du 23 mars 1925.

les grands Causses du Gévaudan et les petits Causses du Quercy, en France, d'où est tiré le nom générique du type en question; les plateaux karstiques de la Péninsule balkanique en dehors du Holokarst dinarique; les hauts plateaux calcaires des Alpes, excepté la Chartreuse et le Vercors, près de Grenoble, qui appartiennent plutôt au type jurassien. Les plateaux calcaires du Bihor, en Roumanie, ainsi que le karst de Slovaquie se rattachent au type des Causses. De ce type se rapproche le plateau d'Il Montello qui, constitué par un conglomérat à ciment calcaire d'âge pliocène ou diluvial, surgit de la plaine de Piave. Hors d'Europe, à ce type appartient probablement le Barkly Tableland en Australie du Nord, constitué des calcaires cambrien et mésozoïque, et les plates-formes de Jawa, du calcaire oligocène, caractérisé par le relief des Cockpits.

Le type jurassien. — Il se rattache aux régions où prédomine l'alternance des couches calcaires et des couches marneuses, celles-ci étant parfois complètement imperméables. Que le terrain soit plissé ou non, il est disséqué par des vallées qui suivent souvent les zones de couches imperméables et recoupent parfois transversalement les zones calcaires. C'est en traversant ces dernières zones qu'elles ont creusé des vallées en gorge; telles les gorges du Doubs, de la Loue et du Dessoubre dans le Jura. Les phénomènes karstiques n'ont pu se développer que sur les blocs calcaires situés entre les vallées normales qui sont assez fréquentes; ils sont donc plus dispersés et plus sporadiques que dans les Causses. Dans ces blocs calcaires peu étendus, les formes du relief karstique ont été souvent attaquées par l'érosion régressive des rivières et ont perdu leurs caractères spéciaux. D'ailleurs les masses calcaires ne sont nulle part très puissantes : dans le Jura, les calcaires solubles et fissurés n'atteignent guère 250^{m} d'épaisseur. Dans la Treskavica, en Bosnie, les dolines les plus profondes sont creusées jusqu'au soubassement du calcaire, les schistes de Werfen; de même dans la montagne de Tara, en Serbie, où le calcaire repose sur la serpentine. Il en résulte que les phénomènes karstiques n'ont pu se développer en profondeur comme dans le Holokarst ou dans le type karstique des Causses; leur évolution karstique s'épuise donc encore plus rapidement.

Il y a un phénomène presque exclusivement lié au type jurassien résultant de l'alternance des couches calcaires avec des couches imperméables. Une rivière après avoir creusé sa vallée à travers les couches calcaires supérieures et les marnes sous-jacentes, s'engage dans les calcaires inférieurs situés au-dessous des marnes; d'où une renaissance du processus karstique à un niveau plus bas.

Les lapiés ou laissines sont rares et n'atteignent nulle part le développement extraordinaire des lapiés du Holokarst dinarique ou des plateaux calcaires des Alpes. Les dolines sont plus fréquentes, mais peu profondes, souvent en forme de baquet. Le trait le plus caractéristique de la morphologie superficielle sont les bassins fermés, correspondant soit aux uvalas, soit aux vallées fermées du Karst dinarique; quoique parfois de dimensions considérables, ces bassins ne semblent offrir les caractères hydrographiques des poljès karstiques. Les formes souterraines du Karst, les jamas et les grottes sont bien développées. Les jamas sont généralement moins profondes que dans le Holokarst dinarique; elles n'atteignent même pas, sauf exception, la profondeur des jamas du type karstique des Causses. Il n'y a aucune grotte dont la longueur s'approche de celle des grandes grottes dinariques. De même les cours d'eau souterrains et leurs résurgences n'atteignent pas la puissance de ces phénomènes dans le Holokarst.

A ce type karstique appartient le Jura, les massifs du Vercors et de la Chartreuse, près de Grenoble; les plateaux s'étendant au-dessus de la source de Vaucluse, entre les crêtes de Lure, de Léberon et le Mont Ventoux, avec leurs nombreuses jamas; les régions de calcaires jurassique et crétacique de Provence avec le bassin fermé du Plan d'Aups et de Cuges. En dehors de France, on peut ranger dans le type jurassien les massifs de calcaires jurassiques et crétaciques du Balkan occidental avec les bassins fermés de Smilovci et de Dragoman, les massifs karstiques dispersés de l'Albanie, ainsi que les parties les plus élevées de la montagne de Jaila, en Crimée; les plateaux karstiques de Puglie et de Murgie formant l'arrière-pays de Bari et de Brindisi en Italie, ainsi que le Monte Gargano, constitués par des calcaires d'âge jurassique et crétacique; enfin les régions des Apennins où apparaissent des noyaux de calcaire crétacique.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques dans le sud de la France.* Note de MM. **Raoul Bélus** et **Léon Maurel**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Les mesures magnétiques, dont nous donnons ci-dessous les résultats, ont été effectuées pendant le mois d'août 1924, en vue de l'établissement du nouveau réseau magnétique de la France.

Au cours de notre campagne, nous avons pu exécuter des mesures complètes dans 22 stations réparties dans les départements de l'Aude, de

l'Ariège et des Pyrénées-Orientales, sauf à Saint-Girons, où nos mesures ont dû être interrompues à la suite d'un accident survenu à notre théodolite, et à Foix, où les circonstances atmosphériques défavorables ne nous ont pas permis de faire les visées du Soleil nécessaires à la détermination de la déclinaison.

Parmi les 22 stations visitées par nous, 13 appartiennent au réseau de Moureaux, les 9 autres sont nouvelles.

Le tableau suivant donne les valeurs des éléments magnétiques D, I et H, rapportées suivant la méthode habituelle au 1er janvier 1922.

Les noms des stations nouvelles sont en italique.

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
ARIÈGE :				
Auzat	11°.38',1	59°.20',5	0,22541	presque calme
Foix	〃	59.38,5	0,22438	calme
Mazères	11.29,9	59.52,2	0,22350	presque calme
Mirepoix	11.31,2	59.34,3	0,22396	calme
Pamiers	11.39,2	59.39,9	0,22458	calme
Saint-Girons	11.51,4	〃	〃	presque calme
Saverdun	11.41,4	59.48,9	0,22349	calme
Savignac	11.27,5	59. 8,7	0,22679	un peu agitée
Tarascon-sur-Ariège	11.36,1	59.25,8	0,22385	presque calme
AUDE :				
Carcassonne	11.26,2	59.42,2	0,22435	calme
Castelnaudary	11.35,3	59.49,5	0,22312	calme
Limoux	11.27,4	59.34,5	0,22459	calme
Narbonne	11. 4,2	59.39,2	0,22451	presque calme
La Nouvelle	11. 5,1	59.23,4	0,22543	presque calme
PYRÉNÉES-ORIENTALES :				
Argelès-sur-Mer	10.57,9	59. 1,0	0,22771	presque calme
Cerbère	11. 2,7	58.57,5	0,22848	un peu agitée
Ceret	11. 8,5	58.58,5	0,22801	calme
Millas	11. 8,7	59. 7,8	0,22680	presque calme
Prades	11.17,8	59. 8,9	0,22660	presque calme
Port-Vendres	11. 4,4	59. 0,0	0,22769	un peu agitée
Perpignan	11. 1,9	59.10,2	0,22673	presque calme
Saint-Paul-de-Fenouillet	11.18,2	59.17,4	0,22631	calme

Les résultats obtenus semblent se répartir d'une façon assez régulière et nous n'avons constaté aucune anomalie, ce qui était à prévoir, les couches géologiques de la région étant composées de roches assez peu magnétiques.

Nous nous attendions à une légère perturbation à Auzat, qui se trouve à $2^{km},500$ de Vicdessos, où des mines de fer sont en exploitation. Il n'en a rien été, ce qui prouve qu'à peu de distance l'influence de ce minerai sur les aimants est négligeable.

Nous avons comparé les valeurs obtenues ci-dessus pour les 13 stations de l'ancien réseau magnétique, avec celles obtenues par Moureaux, et rapportées au 1er janvier 1896. Le rapprochement de ces deux résultats nous a permis de déduire les variations séculaires des éléments magnétiques pour la période 1896,0-1922,0. La valeur moyenne de ces variations pour l'ensemble des stations est la suivante :

$\Delta D = -2°52'$ (valeurs extrêmes : $-2°59'$ et $-2°47'$),
$\Delta I = -0°55'$ (valeurs extrêmes : $-1°2'$ et $-0°50'$),
$\Delta H = +0,0037$ (valeurs extrêmes : $+0,0044$ et $+0,0034$).

Si l'on se réfère aux valeurs moyennes obtenues dans des mesures analogues faites antérieurement par d'autres observateurs en diverses régions de la France, il apparaît très nettement que la variation séculaire des éléments magnétiques est fonction de la latitude du lieu. L'inclinaison et la composante horizontale accusent une augmentation de leurs variations respectives ΔI et ΔH à mesure que l'on se rapproche de l'équateur. Les variations séculaires de la déclinaison, par contre, subissent surtout l'influence de la longitude.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Homologies foliaires chez la Violette odorante : sépales et pétales.* Note (1) de M. P. Bugnon, présentée par M. Guignard.

Dans la première partie de cette étude (2), j'ai assimilé les *bractées* de la Violette odorante à des *phyllodes de base foliaire*. Pour abréger le langage, je désignerai dorénavant ces phyllodes par le terme d'*hypophyllodes* (3).

Par leur forme et leur nervation d'ensemble, par les appendices capités-glanduleux qui les bordent, au moins partiellement, les *sépales* sont évidemment homologues des bractées; ce sont aussi des *hypohyllodes*.

---

(1) Séance du 23 mars 1925.

(2) P. Bugnon, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 682.

(3) Phyllodes dont la lame provient de la région correspondant à l'*hypopodium* de Bower (*Blattgrund* d'Eichler). Si l'on voulait, par raison de symétrie, généraliser cette terminologie, les *phyllodes sensu stricto*, dont la lame provient du pétiole, ou région du *mesopodium* de Bower, seraient des *mésophyllodes*.

L'appendice qui les prolonge vers le bas en fait, selon l'expression de C. de Candolle ([1]), des *phyllomes hypopeltés*. Ils ont d'ailleurs été cités en exemples à ce sujet par l'auteur ([2]).

De Candolle s'est étonné, sans en trouver de raison plausible, que la disposition hypopeltée n'affecte que le limbe des feuilles végétatives. L'interprétation que je viens d'accorder aux sépales des Violettes permet à la fois de saisir l'explication qui a échappé à de Candolle et de comprendre pourquoi il ne l'a pas entrevue. C'est l'emploi des termes ambigus de limbe et de pétiole qui l'a égaré. En appliquant, par exemple, à la lame de la feuille du Ricin et à celle du sépale de Violette le même terme de limbe, il était contraint de voir en elles des organes homologues : or, le premier est un vrai limbe (partie supérieure du lobe pétio-limbaire, de l'« Oberblatt » d'Eichler, région de l'*épipodium* de Bower), tandis que le second correspond à la base foliaire (« Blattgrund » d'Eichler, région de l'*hypopodium* de Bower).

Il paraît vraisemblable que, dans tous les cas, l'appendice basal qui détermine la disposition hypopeltée est un prolongement dorsal inférieur d'une base foliaire, et que l'organe pétioliforme qui peut écarter l'écusson de l'axe n'est pas homologue des vrais pétioles, suprastipulaires; il y a avantage à désigner dorénavant ces pseudo-pétioles par le terme de *pododes*, comme on désigne les pseudo-limbes par celui de *phyllodes*.

Les pétales et les sépales ont un certain nombre de caractères communs importants.

Leur appareil conducteur, à trois faisceaux principaux, fournit une trace trifasciculée qui se comporte, en définitive, comme celle d'une feuille végétative ordinaire, à la différence près que, dans la fleur, la disposition phyllotaxique est verticillée; il y a dix orthostiques, correspondant aux faisceaux médians des dix pièces, en deux verticilles alternes, du périanthe; les faisceaux latéraux de chaque pièce pénètrent dans l'appareil conducteur de l'axe, comme dans les rosettes de feuilles végétatives, au niveau des orthostiques situés de part et d'autre de celui du faisceau médian, mais ici aux extrémités d'un arc de 72° seulement.

Comme les sépales, les pétales peuvent se transformer tératologiquement en pièces trilobées, plus ou moins semblables aux feuilles végétatives ([3]).

Ces faits suffisent à faire rejeter l'interprétation de Glück ([4]) suivant laquelle les pétales seraient homologues du limbe seulement de la feuille végétative.

Leur nervation les éloigne néanmoins des sépales: les trois faisceaux principaux se ramifient, en dichotomie régulière ou plus ou moins altérée par sympodisation, avant d'atteindre le sommet; ils s'épanouissent ainsi en fascicules arborescents, les deux latéraux plus largement que le médian, au lieu de converger et de se réunir à l'apex. Tout se passe comme si les trois lobes primordiaux, au lieu de s'atrophier comme dans les sépales, s'étaient développés en concrescence, la base foliaire ne prenant qu'un

---

([1]) C. de Candolle, *Sur les phyllomes hypopeltés* (*Bull. Soc. bot. Genève*, 1895-1897, n° 8, 1897, p. 61-69).

([2]) C. de Candolle, *Sur les feuilles peltées* (*Ibid.*, 1898-1899, n° 9, 1899, p. 1, note 2).

([3]) Voir en particulier le travail de Gerbault : *Observations sur quelques pélories de la Violette* (*Bull. Soc. linn. Norm.*, 6e série, 3, 2e Partie, 1910, p. 63).

([4]) H. Glück, *Blatt- und blütenmorphologische Studien*, Jéna, 1919, p. 464-465.

faible développement. Il ne s'agit donc pas ici d'*hypophyllodes*, mais de ces *phyllodes d'ébauche foliaire* tels que ceux qui constituent, par exemple, les cotylédons du *Lupinus augustifolius* (¹). Pour abréger le langage, j'emploierai dorénavant le terme de *protophyllodes* pour désigner ces phyllodes qui proviennent du développement en lame de toute une ébauche foliaire, mais surtout de sa région supérieure, virtuellement lobée, et dans laquelle les lobes n'arrivent pas à se différencier nettement; la base d'un *protophyllode* peut d'ailleurs s'allonger en *podode*.

La nervation des protophyllodes permet en général de distinguer les régions de la lame qui correspondent aux divers lobes constitutifs. Dans les cotylédons du *Lupinus angustifolius*, la présence d'un nodule de tissu spécial, analogue à celui des renflements moteurs de la base du limbe chez les feuilles végétatives, m'a permis en outre de déterminer la région de la lame correspondant à la base du lobe pétio-limbaire. Dans les pétales de la Violette, une autre particularité permet également de fixer la place de la région pétiolaire dans le lobe médian : c'est la présence d'un éperon.

Les fleurs péloriées de Violettes fournissent la preuve que tous les pétales sont capables d'être éperonnés au même titre que le pétale médian. Ces éperons sont bien différents des appendices basilaires des sépales : alors que le faisceau médian des sépales ne subit aucune déviation et n'envoie même aucune ramification dans ces appendices, qui dépendent donc uniquement des faisceaux latéraux et marginaux pour leur nervation, l'éperon des pétales, tardivement formé comme une dépression de plus en plus profonde sur une lame d'abord plane, n'intéresse que la région médiane et le faisceau médian de la lame. L'éperon, produit d'un accroissement intercalaire tardif de la base du lobe pétio-limbaire, en est la région pétiolaire. C'est là, à ma connaissance, la première interprétation purement morphologique de cet organe. Pour avoir assimilé à tort le pétale entier au limbe de la feuille végétative, Glück (*loc. cit.*) n'a pu voir dans l'éperon qu'un organe *sui generis*.

En résumé, les *sépales* de la Violette odorante sont des *hypophyllodes*; ses *pétales* sont des *protophyllodes* et l'*éperon* qu'ils peuvent porter est homologue du *pétiole* de la feuille végétative.

MYCOLOGIE. — *Sur la spécificité vis-à-vis de leurs supports des Champignons du groupe du* Pleurotus Eryngii. Note de M. L. LUTZ, présentée par M. Guignard.

L'attention a été appelée, au cours de ces dernières années, sur les Pleurotes des *Eryngium* par diverses communications de Costantin (²), Offner et Heim (³), etc. Le premier de ces auteurs a étudié sous le nom de

---

(¹) P. BUGNON, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1732.
(²) COSTANTIN, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 537; 177, 1923, p. 849 et 921.
(³) OFFNER et R. HEIM, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 412.

Pleurotus Hadamardi un Pleurote croissant en Vanoise sur l'*E. alpinum*. Les seconds considèrent ce Champignon comme une forme stationnelle du *P. Eryngii*; ils le rapprochent de celui qui pousse au Lautaret, sur le *Laserpitium latifolium* et que Riel, Saccardo, etc., ont identifié au *P. nebrodensis* de la région méditerranéenne.

J'ai étudié la spécificité du Pleurote du Lautaret et du *Pleurotus Eryngii* type (isolé en partant de Pleurotes récoltés par moi-même aux environs de Douarnenez) vis-à-vis des *Eryngium alpinum*, *E. campestre* et *E. maritimum*, du *Laserpitium latifolium* et de plusieurs Ombellifères n'ayant jamais été considérées comme supports possibles des Pleurotes : *Apium graveolens*, *Sium latifolium*, Céleri-rave cultivé.

L'expérimentation consiste comme d'habitude en une double série de cultures de chacun des Pleurotes : 1° sur échantillons simplement imbibés d'eau et stérilisés; 2° sur échantillons délavés par macération de 15 minutes dans 50^{cm^3} d'eau et à l'autoclave à 120°.

M. R. Heim, qui m'a procuré les pieds de *Laserpitium* parasités provenant du Lautaret, ayant remarqué que les carpophores ne se montraient que sur les souches vieilles d'un an et jamais sur les plantes de l'année, j'ai fait à cet égard une double expérimentation.

Les résultats des cultures sont résumés ci-après : le signe + indique les cultures positives, le signe o l'insuccès.

1° *Pleurote du Lautaret.*

	Échantillons simplement imbibés d'eau.	Échantillons délavés.
E. alpinum, tige aérienne de l'année (base)	o	+
E. alpinum, tige aérienne de l'année (milieu)	o	+
E. alpinum, souche de l'année.	traces	+
E. campestre (Briançon) souche.	o	+
E. campestre (env. de Cherbourg) souche	traces	+
E. maritimum, tige	faible mais nette	+
E. maritimum, souche	o	+
Laserpitium, tige souterraine de l'année	o	+
Laserpitium, tige souterraine d'un an	+	+
Laserpitium, tige aérienne de l'année	o	+
Apium graveolens, tige fraîche.	o	+ (fructifie)
Apium graveolens, racine fraîche	traces	+ (fructifie)
Sium latifolium, tige fraîche..	faible	+
Céleri-rave, racine fraîche	+	+ (vigoureuse, fructifie)

2° *Pleurotus Eryngii type.*

	Échantillons simplement imbibés d'eau.	Échantillons délavés.
E. campestre, tige...........	traces	+
E. campestre, racine.........	+	+ (vigoureuse, fructifie)
E. maritimum, tige..........	faible	+
E. maritimum, racine........	o	+ (vigoureuse, fructifie)
E. alpinum, tige.............	traces	+ (faible)
E. alpinum, souche..........	o	+ (vigoureuse, fructifie)
Laserpitium, tige aérienne de l'année..................	faible	+ (assez bien)
Laserpitium, tige souterraine de l'année.................	+	+ (vigoureuse)
Laserpitium, tige souterraine d'un an...................	+	+ (bien)
Apium graveolens, tige fraîche.	o	+ (fructifie)
Apium graveolens, racine fraîche....................	+ (assez bien)	+ (vigoureuse, fructifie)
Sium latifolium, tige fraîche..	+	+
Sium latifolium racine fraîche.	+	+ (vigoureuse)
Céleri-rave..................	+ (vigoureuse, fructifie)	+ (vigoureuse, fructifie)

Ces résultats montrent un parallélisme complet entre les deux séries de cultures, le *Pleurotus Eryngii* type étant seulement plus vigoureux et capable de s'installer sur certains supports convenant médiocrement au Pleurote du Lautaret. Avec ce dernier, exception faite pour la tige souterraine d'un an du *Laserpitium latifolium* et la racine du Céleri-rave, tous les échantillons utilisés après une simple imbibition d'eau n'ont donné que des cultures très faibles ou nulles, tandis que les mêmes échantillons délavés en ont fourni de vigoureuses dont un certain nombre même ont fructifié.

Il restait à démontrer que les Pleurotes étudiés sont capables de se développer sur des plantes appartenant à des familles autres que les Ombellifères.

L'expérience a été faite pour le *Pleurotus Eryngii* sur Topinambour, puis sur divers bois : Hêtre, aubier de Chêne, aubier de Gaïac. Le Topinambour a été cuit à la vapeur sans délavage préalable, puis stérilisé. Les bois ont été soumis au délavage avant stérilisation. Le Champignon s'est développé vigoureusement sur le Topinambour et le bois de Gaïac, bien sur le Hêtre et le Chêne.

On peut noter en passant que le Topinambour a bruni et que le Gaïac s'est fortement coloré en vert, ce qui indique une sécrétion d'oxydases par le Champignon. Je reviendrai ultérieurement sur cette particularité.

Quant au Pleurote du Lautaret, sa culture a été essayée sur Topinambour et a donné un résultat positif, également avec brunissement du milieu.

La conception d'une spécificité régie par la présence ou l'absence de substances antagonistes, qui découlait déjà des essais faits précédemment avec les Champignons lignicoles, trouve donc avec les Pleurotes une confirmation complète. Les exceptions fournies par le Céleri-rave et le Topinambour s'appliquent à des plantes horticoles que la culture a privées en grande partie des substances âcres et aromatiques : elle confirme donc en réalité la règle générale. En outre, les observations qui précèdent, jointes à celles faites sur les Champignons lignicoles, montrent que les Champignons épiphytes se conduisent vis-à-vis de leur supports bien plutôt comme des saprophytes que comme de véritables parasites [1].

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Le rhamnicoside, glucoside nouveau, générateur du vert de Chine, retiré de l'écorce de tige du Nerprun purgatif.* Note de MM. **M. Bridel** et **C. Charaux**, présentée par M. L. Guignard.

Dans une Note précédente [2], nous avons montré que l'écorce du Nerprun purgatif renfermait un complexe glucosidique instable, qui se dissociait sous l'action de l'eau à froid en fournissant, entre autres, un glucoside cristallisé en aiguilles, insoluble dans l'eau, le rhamnicoside.

On peut préparer le rhamnicoside par dissociation du complexe, mais le rendement est faible, le complexe n'en fournissant que 13,62 pour 100. Il vaut mieux traiter la poudre, à l'ébullition, par l'alcool à 90°, évaporer la solution alcoolique obtenue et reprendre le résidu par l'eau bouillante. Après un repos de plusieurs jours, on recueille le rhamnicoside qui a cristallisé; 100g d'écorce sèche en fournissent 4g environ. On purifie le rhamnicoside par cristallisation dans 40 fois son poids d'eau bouillante. Les cristaux sont lavés à l'alcool et à l'éther et séchés à l'air.

---

(1) J'ai omis involontairement, dans un précédent travail (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 532), de citer Viala et Pacottet parmi les auteurs ayant réussi la culture de certains Champignons Hyménomycètes. Ces savants ont cultivé plusieurs parasites de la Vigne sur bouillon de Haricots, plus ou moins enrichi par addition de divers sels minéraux ou substances organiques (*Revue de Viticulture*, 21, 1904, p. 117; 22, 1904, p. 117; 34, 1910, p. 379, etc.). Ce milieu rentre ainsi dans la catégorie des dérivés de milieux naturels, mais en raison de son enrichissement artificiel, il méritait une mention spéciale.

(2) *Sur un complexe glucosidique instable de l'écorce de tige du Nerprun purgatif* (Rhamnus cathartica *L.*) (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 857).

Le rhamnicoside se présente sous la forme d'une poudre blanc grisâtre, constituée par de fines aiguilles incolores. Il est inodore et sa saveur est crayeuse, puis très fortement amère. Il renferme 10,61 à 10,84 pour 100 d'eau qu'il perd à + 60° dans le vide. Il ne possède pas de point de fusion net. Il est lévogyre, $\alpha_D = -78°,12$ ($p = 0,0480$; $v = 15$; $l = 2$; $\alpha = -30'$) en solution dans l'alcool à 70°. Il est peu soluble dans l'alcool à 90° ou à 70°, très peu soluble dans l'acétone, l'éther acétique, l'eau, qui n'en dissout que $0^g,03$ pour 100^g à la température ordinaire.

L'action des alcalis est tout à fait intéressante, car c'est elle qui prouve que le rhamnicoside est le générateur du vert de Chine ou Lokao.

Le rhamnicoside se combine à froid à la soude, la potasse, l'ammoniaque, la chaux, la baryte pour donner des sels cristallisés peu solubles dans l'eau.

Pour obtenir le sel de sodium, on triture, dans un mortier, 10^{cm^3} de solution de soude à 4^g pour 100^{cm^3} avec $1^g,50$ de rhamnicoside, à + 20°-30°, en ayant bien soin d'opérer à l'obscurité. On filtre. La solution limpide laisse déposer des cristaux à peu près incolores, qui sont d'une sensibilité extrême à la lumière. La solution aqueuse de ces cristaux reste incolore tant qu'on la garde à l'obscurité. Si on l'expose à la lumière solaire, elle se colore très rapidement en violet intense, la coloration commençant à la surface et gagnant peu à peu tout le liquide. La coloration obtenue est très stable.

Ces solutions incolores peuvent servir à teindre les tissus de coton ou de soie. Il suffit d'en imprégner les tissus et de les faire sécher à la lumière. On peut également teindre avec la solution violet bleu.

Si on laisse évaporer la solution violet bleu, lentement à l'air, il se dépose un produit de couleur verte, puis le liquide laisse un résidu violet. On obtient un vert plus net avec les solutions des sels de calcium et de baryum qu'avec celles des combinaisons alcalines.

Le vert de Chine s'obtient en faisant évaporer à l'air une décoction d'écorce de Nerprun additionnée d'eau de chaux, et les Chinois teignaient des étoffes en les imprégnant du mélange ci-dessus incolore et en les faisant sécher à l'air.

Il ne peut y avoir de doute à ce sujet maintenant : le produit générateur du vert de Chine est le glucoside que nous venons de décrire, qui donne des colorations si intenses en milieu alcalin, en présence de l'air et de la lumière.

Le rhamnicoside est légèrement réducteur : 1^g de produit anhydre réduit comme $0^g,206$ de glucose.

Analyse élémentaire. — 1° $0^g,1976$ de rhamnicoside séché à l'air ont

donné 0g,1087 d'eau et 0g,3415 de gaz carbonique. H = 6,10 pour 100; C = 47,13 pour 100; 2° 0g,2097 ont donné 0g,1130 d'eau et 0g,3628 de gaz carbonique. H = 5,98 pour 100; C = 47,18 pour 100.

La détermination du poids moléculaire par cryoscopie n'a pu être faite à cause de la trop faible solubilité du rhamnicoside.

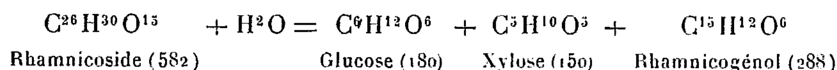
Par hydrolyse sulfurique, on obtient 47,41 pour 100 d'un produit cristallisé, insoluble dans l'eau, le *rhamnicogénol*, et 57,36 pour 100 d'un mélange en proportions équimoléculaires de glucose et de xylose. Ces deux sucres ont été obtenus à l'état pur et cristallisé.

L'eau, à l'ébullition, possède la propriété de dédoubler le rhamnicoside. Il se forme un produit cristallisé insoluble, le rhamnicogénol, tandis que le glucose et le xylose restent combinés sous forme de primevérose. Le primevérose, provenant de l'hydrolyse du rhamnicoside par l'eau bouillante, a été obtenu à l'état pur et cristallisé et caractérisé par son pouvoir rotatoire stable ($\alpha_D = -3°,95$), son pouvoir réducteur (0,644) et son indice de réduction (488).

Nous proposons pour le rhamnicoside, séché à l'air, la formule $C^{26}H^{30}O^{15}, 4H^2O$ qui concorde avec les résultats de l'analyse élémentaire et qui permet de donner une formule de dédoublement conforme aux résultats de l'hydrolyse sulfurique.

	Trouvé pour 100.		Calculé.
Eau	10,61	10,84	11,00
C	47,13	47,18	47,70
H	6,10	5,98	5,81

La formule du dédoublement acide est la suivante :



$$\underset{\text{Rhamnicoside (582)}}{C^{26}H^{30}O^{15}} + H^2O = \underset{\text{Glucose (180)}}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{Xylose (150)}}{C^5H^{10}O^5} + \underset{\text{Rhamnicogénol (288)}}{C^{15}H^{12}O^6}$$

Il se forme, d'après cette équation, 49,48 pour 100 de rhamnicogénol (trouvé : 47,41) et 56,70 pour 100 du mélange équimoléculaire de glucose et de xylose (trouvé : 57,36).

Le rhamnicoside n'existe pas seulement dans l'écorce du *Rhamnus cathartica* L. Nous l'avons retiré de l'écorce de *Rhamnus utilis* Dcne; de *R. italica* (Horticole); de *R. infectoria* L.; de *R. saxatilis* Jacq.; de *R. oleoides* L.

Il n'existe pas dans les écorces de *Rhamnus Frangula* L.; *R. alpina* L.; *R. Alaternus* L.; *R. japonica* Maxim.; *R. Billardii* (Horticole); *R. imeretina* (Horticole).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le mode d'alimentation des Broméliacées sans racines.* Note de M. **Raphaël Dubois**, présentée par M. Henneguy.

Certaines Broméliacées de l'Amérique du Sud rangées parmi les plantes épiphytes, bien qu'elles puissent vivre autrement que fixées à des végétaux, ne possèdent pas de racines ni de suçoirs leur permettant de puiser leurs aliments dans le sol ou sur des plantes parasitées. C'est pour cette raison que les hispano-américaines les appellent « fleurs de l'air ».

On a émis plusieurs hypothèses pour expliquer comment ces plantes vertes peuvent se passer de cet organe, essentiel pour l'existence des autres, qu'est la racine. Les explications proposées jusqu'ici ayant été estimées insuffisantes ou inexactes, il en est survenu une dernière de date relativement récente (1).

D'après son auteur, les Broméliacées épiphytes se nourrissaient au moyen de débris végétaux et d'Insectes englués par une sécrétion gommeuse des feuilles ou bien noyés dans des mares, sorte de réservoirs toujours remplis d'une eau qui ne se corrompt pas, pouvant même renfermer une riche faune normale vivante. Les Broméliacées épiphytes absorberaient non seulement les sels minéraux, mais encore les substances ternaires et protéiques. Ces dernières proviendraient des végétaux et des animaux retenus par la plante et *digérés* par une amylase et une trypsine contenues dans la gomme qu'elle sécrète. Les produits de cette digestion, constitués en partie par des acides aminés, seraient absorbés par les « écailles » garnissant la surface des feuilles.

Cette nouvelle explication ne peut aucunement s'appliquer à une Broméliacée sans racine que j'observe depuis plus de quinze ans à Tamaris-sur-Mer, où elle vit en plein air et en toute saison, simplement suspendue en l'air par un fil de fer, ce qui ne l'empêche pas de se développer et de fleurir chaque année. Cette Broméliacée est originaire de l'Uruguay, c'est *Tillandsia dianthoides* Rossi. Elle ne possède aucune « mare », aucun réservoir d'eau, ne sécrète pas de gomme renfermant de l'amylase et de la trypsine et ne digère ni les plantes, ni les Insectes qu'elle ne saurait capturer. Ce que les botanistes appellent des écailles ou « lépidotes » ne sont pas des écailles, mais d'élégantes petites corbeilles en rapport avec des groupe-

(1) M.-C. Picado, *Sur la nutrition des Broméliacées épiphytes* (*Comptes rendus*, 154, 1912, p. 607).

ments cellulaires profonds; l'ensemble rappelant les stomates aquifères des Népenthès et pouvant servir d'organe de sécrétion et d'absorption.

Dans ces petits réceptacles, dont j'ai donné des figures et une description [1], j'ai constaté la présence non seulement de grains minéraux amorphes et de cristaux, mais encore de Champignons inférieurs : Bactériacées, Levures, spores, filaments cloisonnés. Ces derniers ont attiré plus spécialement mon attention par leur présence constante en toute saison et leur abondance relative. J'ai pu les cultiver et les obtenir à leurs divers degrés de développement, ce qui a permis leur détermination, que je dois à MM. Dufrenoy et Arnaud. Ils appartiennent à des Hyphomycètes de la famille des Tuberculariées et du genre *Volutella*. L'espèce n'en est pas encore fixée.

Les Volutelles se cultivent facilement dans des tubes à réservoirs d'eau renfermant des tranches de carottes, de pommes de terre, de navets, de troncs de choux et sur le pain cuit et humide. De ces cultures, j'ai pu extraire des cristaux semblables à ceux que j'avais rencontrés dans les corbeilles. Ils sont solubles dans l'eau, la glycérine, l'alcool, mais leur mélange avec d'autres produits également cristallisables extraits simultanément de mes cultures ne m'a pas permis encore d'en déterminer la nature chimique. Les Volutelles n'étant pas considérés par les mycologues comme des Champignons parasites, il s'agit certainement d'un processus de symbiose dans lequel le Champignon fournit à la plante verte les aliments azotés qu'elle ne saurait retirer directement de l'air en assez grande quantité. Des expériences que je ne puis, faute d'espace, décrire dans cette Note permettent de penser que ce sont les Volutelles qui puisent directement dans l'air l'azote nécessaire au *Tillandsia* dont ils sont les hôtes intéressés; d'autre part, si l'on pouvait provoquer une semblable symbiose chez tous nos végétaux verts domestiques, la culture et l'engrais, si onéreux aujourd'hui, ne seraient plus nécessaires, ce qui constituerait une grande révolution économique par le mutualisme.

Pour le moment, ce qu'il convient surtout de retenir, c'est qu'il n'y a aucune raison pour considérer *Tillandsia dianthoides* et sans doute les autres Broméliacées dites épiphytes, comme des végétaux carnivores, pas plus d'ailleurs que ceux que l'on a continué de considérer comme tels, ainsi que je l'ai démontré expérimentalement [1].

---

[1] *La légende des plantes carnivores et le mode d'alimentation des Tillandsia* (*Ann. de la Soc. linn. de Lyon*, 64, 1917, p. 1-40).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'absorption sélective du potassium par les plantes.* Note [1] de MM. **G. André** et **E. Demoussy**, présentée par M. Lindet.

Les plantes terrestres renferment toujours beaucoup plus de potassium que de sodium. Péligot avait même cru pouvoir affirmer que la soude est totalement absente d'un grand nombre d'espèces végétales. Quoique cette opinion soit trop absolue, il est certain que les sels de potassium sont absorbés en plus forte proportion que ceux de sodium, ainsi que l'ont bien mis en évidence les anciennes observations de Dehérain et celles, plus récentes, de Demoussy. Si cette accumulation sélective peut être rapprochée du rôle physiologique, mal connu mais indiscutable, que joue le potassium dans les synthèses végétales, on ne saurait trouver là une explication. Aussi a-t-on imaginé, à plusieurs reprises, qu'il existait dans les tissus végétaux des combinaisons particulières du potassium, plus stables ou moins solubles que celles que formerait le sodium : on les a vainement cherchées.

Il nous a paru que la plus grande diffusibilité des sels de potassium pourrait rendre compte de cette absorption préférentielle. Au premier abord, il semblerait que les vitesses de diffusion des sels de potassium et de sodium — qui sont entre elles comme 100 et 84 — soient trop voisines pour que l'on puisse y trouver la solution du problème. Mais une expérience ancienne de Graham [2] montre que, en fait, la diffusion permet de réaliser une séparation très avancée de ces deux métaux. A la partie inférieure d'un vase cylindrique, contenant de l'eau distillée, Graham fait arriver lentement une solution à poids égaux de chlorures de potassium et de sodium. Sept jours après, il partage, par siphonnement, la colonne liquide en tranches de même volume, et procède à leur analyse. Il constate la présence d'un grand excès de potassium à la partie supérieure, où le rapport des deux chlorures peut dépasser 4. Ce rapport diminue à mesure que la tranche liquide examinée est située plus bas et, à la partie inférieure, c'est le sodium qui domine : il s'est produit une *diffusion fractionnée*, comparable à une distillation. En outre, d'une telle solution mixte, le potassium diffuse plus vite que s'il était seul ; le cheminement du sodium, au contraire, est retardé.

(1) Séance du 16 mars 1925.
(2) *Chemical and physical Researches*, p. 565; *Phil. Trans.*, 151, 1861, p. 183.

Si dans une masse végétale gorgée d'eau le passage des sels suit la même loi, on doit pouvoir y retrouver la trace d'un pareil fractionnement. C'est ce que nous nous sommes proposé de vérifier. Une foule de causes peuvent évidemment troubler cette répartition. Pour les réduire au minimum, nous nous sommes adressés à une racine volumineuse de plante annuelle, celle de la betterave. Ce n'est certes pas une masse homogène, et il serait excessif de l'assimiler à une masse d'eau immobilisée au sein des liquides du sol. Néanmoins, un certain rapprochement est permis, et nous avons examiné comment varie le rapport du potassium au sodium lorsque, dans cette racine, on passe du centre à la périphérie.

Toutes les betteraves ne se prêtent pas à cette expérience, certaines d'entre elles contiennent si peu de sodium que les comparaisons sont illusoires. Chez les betteraves sucrières, la faible minéralisation et la grande richesse en sucre rendent les opérations très pénibles et peu sûres. Les betteraves fourragères nous ont fourni un meilleur matériel. Leurs racines sont sectionnées en disques de 2^{cm} d'épaisseur et, dans chaque disque, on découpe trois zones concentriques que nous appellerons : zones intérieure, moyenne, extérieure. Après dessiccation, les échantillons sont pulvérisés, et une fraction est analysée. On détruit la matière organique, soit par l'acide azotique, soit par incinération à température peu élevée alternant avec des lavages à l'eau bouillante; il importe, en effet, d'éviter les pertes d'alcalis par volatilisation. La potasse et la soude sont séparées par les méthodes classiques; plusieurs dosages étant effectués sur des poids de substance différents.

Voici les résultats obtenus à deux époques de la végétation, au 31 juillet et au 31 octobre 1924; les nombres inscrits ci-joint représentent les poids de potassium et de sodium pour 100 de matière sèche, et le rapport de ces poids :

	Zone extérieure.			Zone moyenne.			Zone intérieure.		
	K.	Na.	$\frac{K}{Na}$.	K.	Na.	$\frac{K}{Na}$.	K.	Na.	$\frac{K}{Na}$.
31 juillet...	2,69	0,31	8,7	4,63	0,46	10,0	5,0	0,36	13,9
31 octobre..	3,19	0,42	7,6	3,70	0,46	8,0	3,73	0,46	8,1

A la date du 31 juillet, nous remarquons la même gradation que dans l'expérience de Graham : le potassium est en excès d'autant plus grand sur le sodium que la zone examinée est plus éloignée de la solution initiale, ici les liquides du sol. Ces rapports sont entre eux comme 100, 72 et 63. Plus tard, au moment de la récolte (31 octobre), ces différences ne sont

plus sensibles; les rapports sont très voisins et varient comme 100, 99 et 96. La répartition saline est à peu près la même dans les trois zones. Par suite du ralentissement de la végétation, l'homogénéité, état final de la diffusion, tend à s'établir.

Il faudrait se garder de généraliser de pareils résultats, car bien des causes peuvent intervenir pour changer constamment la composition minérale, telles que : appels par les parties aériennes, variation de la teneur du sol en eau et en sels, etc. Les observations rapportées dans la présente Note nous paraissent cependant être en faveur de l'hypothèse que nous formulions, à savoir que l'absorbtion sélective du potassium tient à la grande mobilité de ce métal, supérieure à celle de tous les autres métaux.

AGRONOMIE. — *Essais comparatifs entre l'efficacité de l'azote nitrique, employé seul, sur les récoltes, et l'azote ammoniacal en présence de stérilisants partiels du sol.* Note (¹) de MM. **Gustave Rivière** et **Georges Pichard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dès l'année 1882, l'un de nous (²), contrairement à l'opinion généralement admise à cette époque, faisait déjà remarquer que le nitrate de sodium appliqué au blé d'hiver et à l'orge de printemps procurait, à poids égal, des rendements en grain et en paille le plus souvent supérieurs au sulfate d'ammoniaque, quoique celui-ci contînt 5 pour 100 d'azote de plus que celui-là.

En 1924 nous avons repris ces expériences en utilisant les résultats de nos recherches relatives aux substances qui, jouissant de la propriété de modifier profondément la faune et la flore du sol (³), ont une répercussion indirectement favorable sur la végétation et, par suite, sur les rendements de récolte des plantes de grande culture.

Aussi, cette fois, au lieu de comparer simplement l'efficacité du nitrate de sodium et du sulfate d'ammoniaque appliqués, *à poids égaux*, nous n'avons fait usage que de doses égales d'azote, mais en associant toutefois

(¹) Séance du 23 mars 1925.

(²) *Conférences agricoles*, par Gustave Rivière, professeur départemental de la Mayenne (Moreau, imprimeur à Laval, 1882) : Résultats des expériences exécutées sur le domaine de M. Daudier, président du Comice agricole de Craon (Mayenne).

(³) *La stérilisation partielle du sol* (*Ann. de la Science Agronomique française et étrangère*, juillet et août 1924, nº 4, p. 251; *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 493).

une certaine quantité d'arséniate de sodium ou de sulfite de calcium au sulfate d'ammoniaque, en vue de hâter, après sa transformation en carbonate, sous l'influence du calcaire contenu dans le sol, la nitrification de ce sel et d'atteindre des résultats semblables à ceux que l'on obtient au moyen du nitrate de sodium.

En opérant ainsi nous pensions, par la destruction d'un grand nombre de protozoaires au moyen de sels antiseptiques, favoriser, comme cela a lieu, en général, la multiplication des bactéries nitrifiantes; nous pensions, comme conséquence de l'alimentation azotée plus rapidement assimilable par la récolte, au moment où celle-ci en a le plus besoin, qu'il devait vraisemblablement en résulter des rendements plus élevés que si le sulfate d'ammoniaque avait été employé seul.

C'est précisément ce qui semble s'être produit, ainsi qu'il ressort du tableau suivant :

Avoine de printemps (variété *Von Lochow*).
Sol : Sables de Fontainebleau. — Parcelles de 10 ares.

		Quantités appliquées à l'hectare.	Rendements rapportés à l'hectare: grain.	Rendements rapportés à l'hectare: paille.
1.	Témoin	néant	2530 kg	2925 kg
2.	Nitrate de sodium	132 kg	3050	5450
3.	Sulfate d'ammoniaque	100	2860	3270
4.	Sulfate d'ammoniaque / Arséniate de sodium	100 / 40	2970	3240
5.	Sulfate d'ammoniaque / Sulfite de calcium	100 / 120	3230	3445 (¹)

En effet, de 2860^{kg} de grains à l'hectare, sur la parcelle exclusivement fertilisée avec du sulfate d'ammoniaque, le rendement est passé à 2970^{kg} sur celle qui, en outre de ce sel, avait reçu 40^{kg} d'arséniate de sodium, et à 3230^{kg} de grain sur celle sur laquelle il avait été appliqué 120^{kg} de sulfite de calcium en outre des 100^{kg} de sulfate d'ammoniaque, soit un excédent de récolte de 110^{kg} de grain à l'hectare, pour la parcelle n° 4 et de 260^{kg} pour la parcelle n° 5.

Comme conclusion, nous nous permettrons d'ajouter que, dans un sol

(¹) Nous avons ici un excédent notable sur la partie fertilisée uniquement avec du nitrate de sodium; aussi pensons-nous que l'apport de sulfate de calcium, produit par l'oxydation du sulfite, peut y avoir contribué, quoique dans une faible mesure.

siliceux, le sulfate d'ammoniaque associé à des sels antiseptiques, semble, d'après ces premiers essais, pouvoir procurer, à poids égaux d'azote, des rendements de récoltes parfois supérieurs au nitrate de sodium employé seul.

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelle démonstration de l'égalité des chronaxies entre le muscle strié et son nerf moteur*. Note de M. et Mme **Louis Lapicque**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous attachons une grande importance à cette égalité, mais elle n'est pas encore admise par tous les physiologistes et nous reconnaissons qu'elle n'est pas facile à démontrer.

Dans l'excitation électrique dénommée classiquement *directe*, c'est-à-dire lorsque l'électrode active est mise en contact avec la masse musculaire, on observe la même chronaxie que dans l'excitation *indirecte*, lorsque l'électrode active porte sur le nerf. On ne peut tirer de là aucune conclusion, car la hauteur du seuil (plus précisément la rhéobase) étant notablement plus élevée dans le premier cas, il serait concevable que là aussi le courant électrique atteigne, par sa diffusion dans le muscle, les fibres nerveuses qui s'y ramifient, ou leurs terminaisons.

Pour affirmer l'isochronisme du muscle et de son nerf contrairement à ce que l'on admettait depuis Brücke, d'après l'étude du muscle curarisé, nous nous sommes fondés sur les observations suivantes :

1° En faisant agir à doses croissantes le curare, la chronaxie du nerf ne change pas tant qu'on peut la suivre; la chronaxie de l'excitation directe augmente régulièrement avec le degré de l'intoxication. Quand cette chronaxie a doublé ou triplé, l'excitabilité indirecte disparaît (curarisation au sens de Claude Bernard), mais l'augmentation peut aller beaucoup plus loin, décupler et davantage; c'est-à-dire que pour le muscle séparé de son nerf par le curare, il n'existe pas de chronaxie définie.

2° Sous l'action de la strychnine, la chronaxie du nerf diminue; l'excitabilité indirecte disparaît quand cette chronaxie est tombée à la moitié environ de sa valeur primitive; la chronaxie de l'excitabilité directe se maintient à cette valeur primitive. Ce que nous interprétons ainsi : le muscle et son nerf sont normalement isochrones, et cet isochronisme est la condition de la transmission de l'excitation; le curare agit en augmentant la chronaxie du muscle; donc ce que l'on mesure après curarisation ne signifie

rien pour l'excitabilité musculaire normale : la strychnine produit l'hétérochronisme, et par suite la curarisation au sens de Claude Bernard par le mécanisme inverse, à savoir diminution de la chronaxie nerveuse, et le muscle ainsi séparé de son nerf nous laisse mesurer sa chronaxie propre; celle-ci est égale à celle du nerf normal.

Le fait que nous présentons aujourd'hui se rapporte à la diminution d'efficacité lorsque le courant électrique s'établit progressivement; on sait que pour un même retard à l'établissement cette diminution est d'autant plus marquée que la chronaxie est plus petite.

D'une façon générale, soit $i = f(t)$ la forme d'un courant quelconque en fonction du temps, on aura, pour des excitabilités diverses, la même efficacité, à condition que, dans chaque cas, $\frac{i}{i_0} = f\left(\frac{t}{\tau}\right)$, i_0 étant la rhéobase et τ la chronaxie.

Nos expériences ont été faites de la façon suivante :

Dans le circuit d'excitation, on interpose une capacité réglable C de telle manière qne, d'un côté de cette capacité, on ait la pile et une résistance instrumentale (sans self) r; de l'autre, une résistance instrumentale (sans self) r' et la préparation physiologique. La résistance du nerf étant au moins 20 fois plus grande que celle du muscle, pour égaliser approximativement la seconde partie du circuit dans les deux cas, on shunte le nerf par une résistance m à peu près égale à celle du muscle. Dans ces conditions, sous un voltage V, le courant s'établit suivant la formule

$$i = \frac{V}{r + r' + m}\left(1 - e^{-\frac{t}{c}\frac{r+r'+m}{r(r'+m)}}\right).$$

Nous avons pris en fait $r = r' + m = 10^4$ ohms. De sorte que, pour 1 microfarad par exemple, la constante de temps de l'établissement exponentiel est égale à

$$\frac{10^8 \times 10^{-6}}{2 \times 10^4} = 0,5 \times 10^{-2};$$

le courant arrive aux $\frac{98}{100}$ de sa valeur constante en 4 fois ce temps, soit $\frac{2}{100}$ de seconde.

Se plaçant à la rhéobase, il faut, pour supprimer l'efficacité du courant, introduire sensiblement la même capacité dans l'excitation directe et dans l'excitation indirecte (soit pour le sciatique-gastrocnémien de la grenouille, généralement $\frac{2}{10}$ à $\frac{3}{10}$ de microfarad, c'est à dire un retard à l'établissement de $\frac{4}{1000}$ à $\frac{6}{1000}$ de seconde, sur le nerf comme sur le muscle). Ceci n'est que la constatation sous une autre forme de l'égalité des chronaxies dans les deux cas et n'est pas davantage décisif.

Mais déterminons sur le muscle une série de valeurs liminaires du

voltage pour une série de retards à l'établissement, puis, sans toucher aux électrodes, curarisons ce muscle et recommençons cette série de déterminations.

Voici, à titre d'exemple, une expérience.

14 janvier. Gastrocnémien de *R. fusca* recevant en injection 3ᵐ de curare.

	Voltage liminaire.	
Capacité × 10⁶.	avant curare.	après curare.
o (rhéobase)	0,60	0,70
0,3	0,62	0,70
1	0,90	0,81
3	1,60	1,10

La rhéobase s'est élevée, comme c'est la règle dans la curarisation; néanmoins, pour les courants notablement retardés, on a *un seuil plus bas qu'avant curarisation.* L'excitabilité qui se manifeste ainsi ne préexistait donc pas à la curarisation. Pour expliquer l'abaissement constaté, 0,81 au lieu de 0,90 avec un retard de $\frac{2}{100}$ de seconde, 1,10 au lieu de 1,60 avec un retard de $\frac{6}{100}$ de seconde, il suffit d'admettre une augmentation de chronaxie. C'est ce que nous avons constaté dans des mesures directes de chronaxie, et tout le monde est d'accord pour admettre que le muscle curarisé a une chronaxie plus grande que le complexe neuro-musculaire normal. Mais l'expérience actuelle démontre que l'objet excitable en cause après curarisation et qui ne peut être que le muscle, n'avait pas, avant l'action du poison, une chronaxie plus grande que celle du nerf.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la fixation et la contractibilité de quelques Infusoires hétérotriches.* Note de M. **Jean Delphy**, présentée par M. L.-F. Henneguy.

Les observations qui vont être rapportées ci-après aussi sommairement que possible ont été faites principalement sur les espèces suivantes : *Metopus sigmoides* Clap. et Lachm. et *contortus* Levand., *Spirostomum teres* Cl. et L., *Stentor Ræseli* Ehrbg. et *Condylostoma patens* O. F. M. Les premiers, d'eau douce, proviennent simplement des petits bassins de la Faculté des Sciences de Paris (P. C. N.); les Condylostomes se sont développés en abondance dans du sable apporté de Tatihou en 1921, presque complètement desséché et largement recouvert d'eau de mer en 1924. Je puis y

ajouter quelques observations faites depuis peu sur des *Spirostomum ambiguum* Ehrbg. et des *Stentor cœruleus* Ehrbg., que je dois à l'obligeance de MM. E. Fauré-Fremiet et Boris Ephrussi.

Le fait que les Stentors passent une assez grande partie de leur existence fixés par leur extrémité postérieure est de connaissance banale. Le déterminisme de cette fixation reste à élucider et son mécanisme est très généralement décrit d'une manière tout à fait erronée depuis l'important Mémoire de H.-P. Johnson (1).

Il ne saurait être question de discuter ici en détail les conclusions de ce Mémoire. En ce qui concerne le point particulier qui nous occupe, son texte est formel et l'une de ses figures (fig. 14, pl. XXIII) *paraît* probante. Les Stentors sont censés se fixer par « des pseudopodes saillants du disque nu de l'endoplasme ». « La figure 14 représente les très beaux pseudopodes rameux d'un Stentor bleu fixé à la couche superficielle de l'eau ». Cette dernière expression permet déjà quelque doute sur l'existence réelle de ces pseudopodes « rameux »; mais un peu plus loin l'auteur décrit très exactement ainsi la manière dont l'animal se prépare à la fixation : « Si l'on examine soigneusement le pied quand l'animal se prépare à se fixer, on verra de nombreux processus minuscules en vibration. Ceux-ci ont la plus grande ressemblance avec des cils ». Mais H.-P. Johnson les appelle des « pseudo-cils ».

En réalité, ces soi-disant « pseudo-cils » sont bien effectivement les cils de la région tout à fait postérieure des Stentors, de ce que H.-P. Johnson appelle le « pied ». Comme Fauré-Fremiet l'a bien vu (2) sur un Stentor indéterminé (qui, malgré sa coque spéciale, pourrait bien n'être qu'un vulgaire *St. Rœseli*) et, comme il l'a décrit avec beaucoup de prudence en même temps que d'exactitude, les Stentors sont toujours fixés par une véritable *scopula*, différenciation des cils de la région fixatrice. *En outre*, l'ectoplasme peut être plus ou moins aminci (mais non absent, comme le dit H.-P. Johnson) et étiré en « pseudopodes »; que l'on puisse légitimement appeler cela des « *pseudopodes* », ce n'est pas douteux [comparer la définition donnée par W.-H. Lewis et M.-R. Lewis (3)]; mais alors on a affaire à des pseudopodes ciliés : *en outre* encore, il faut tenir compte de la production

(1) *A contrib. to the morphology and the biology of the Stentors* (*Journ. Morphol.*, 8, 1893, p. 468-552, pl. XXIII-XXVI).

(2) *Études de cytologie comparée. La fixation chez les Infusoires ciliés* (*Bull. Sci. France Belgique*, 7e série, 44, 1910, p. 1). Je renvoie à ce Mémoire pour toutes les notions générales antérieurement acquises sur ce sujet.

(3) *Behavior of cells in tissue cultures* in *General Cytology*, edited by E. V. Cowdry, Chicago, 1924, p. 387.

d'un « mucus » [1] par la région postérieure de l'Infusoire. Ces deux dernières formations n'interviennent pas directement dans la fixation, car on peut aisément observer des prolongements protoplasmiques variables à l'extrémité postérieure de Stentors errants (notamment *St. cæruleus*); quant au mucus agglutinant, produit constamment, pendant la locomotion comme à l'arrêt, il ne peut suffire à réaliser la fixation, mais il est indispensable pour qu'elle se produise; tous les observateurs l'ont remarqué, les Stentors ne se fixent pas, par exemple, sur le verre propre et lisse.

En ce qui concerne les autres espèces citées au début de cette Note; quoique cela reste en somme assez exceptionnel, il arrive que les *Metopus sigmoides* se fixent pour un temps plus ou moins long; ils le font alors exactement à la manière décrite par Fauré-Fremiet (*op. cit.*, p. 37) pour un *Dileptus*, à savoir par immobilisation thigmotactique des cils de la région postérieure, en même temps que le mucus s'accumule. Je n'ai jamais observé, comme Maupas [2], une immobilisation aussi complète des Condylostomes; il arrive cependant fréquemment que ceux-ci se cantonnent dans une aire très restreinte [« il choisit dans la préparation une place favorable et s'y tient immobile », dit Maupas]; on pourrait faire à leur sujet entre cantonnement et immobilisation la distinction bien subtile que fait Fauré-Fremiet à propos des *Dileptus* entre fixation et immobilisation. Quant aux *Metopus contortus* et aux Spirostomes, ils paraissent bien être constamment errants.

Parmi les Infusoires considérés, les *Metopus* et les Condylostomes présentent une contractilité extrêmement faible, sinon nulle. Au contraire les Stentors et les Spirostomes sont éminemment contractiles. Chez les uns et chez les autres, les choses se passent de la même manière, à cette différence près que l'extension des Stentors paraît ne jamais pouvoir se faire que pendant la fixation par le pied, tandis que les Spirostomes, étendus ou contractés, paraissent être toujours errants. Quand un Stentor se contracte, il ramène toute la partie antérieure de son corps vers son pied; de même, quand un Spirostome se contracte, sans interrompre son mouvement de locomotion, il ramène toute sa région antérieure vers sa région postérieure. Cela tient à ce que, chez les uns et chez les autres, il existe une *zone de contractilité maxima*, située précisément dans la région postérieure. Les

---

(1) Ce « mucus » mériterait d'être mieux défini qu'il ne peut l'être actuellement.

(2) *Contribution à l'étude morphologique et anatomique des Infusoires ciliés* (*Arch. Zool. exp.*, 2e série, 1, 1883, p. 427-664, pl. XIX-XXIV).

choses sont particulièrement nettes chez le *Spirostomum teres*. On peut considérer dans le corps de celui-ci trois régions : une antérieure, celle du péristome, une postérieure, celle de la vésicule contractile, et une intermédiaire. C'est dans cette dernière, surtout en arrière, que la contractilité est de beaucoup la plus développée. Un peu au delà de l'extrémité postérieure du péristome se trouve une zone de déformation, de plissement, puis, jusqu'à la vésicule contractile (qui peut d'ailleurs être plus ou moins développée, je suppose un cas moyen), une zone de plus grande contraction, en rapidité et en intensité (1). La simple observation montre déjà clairement qu'il y a une différence de chronaxie de contraction très nette non seulement d'une espèce à l'autre, mais encore dans un même individu pour diverses régions.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Causes des différences d'intensité de respiration élémentaire des tissus.* Note (2) de MM. **Émile F. Terroine** et **Jean Roche**, transmise par M. Henneguy.

Nos résultats antérieurement énoncés (3) de mesures d'intensité respiratoire de tissus d'homéothermes montrent que : si un même tissu présente dans la série des homéothermes une même intensité respiratoire *in vitro*, par contre, les différents tissus se classent chez toutes les espèces étudiées suivant un ordre identique, à savoir : 1° cerveau ; 2° foie et rein ; 3° muscle. Classification identique d'ailleurs à celle que permettaient déjà les résultats obtenus par Barcroft et ses collaborateurs sur les organes *in situ*. Ce qui distingue les tissus quant à leur respiration élémentaire, ce n'est donc en aucune manière l'espèce animale d'où ils proviennent, mais uniquement leur nature. Reprenant une formule employée par Mayer et Schaeffer pour le P lipoïdique, on peut dire de la valeur de la respiration élémentaire d'un tissu qu'elle est caractéristique, non de l'espèce animale mais de l'espèce cellulaire considérée.

Peut-on tenter d'expliquer cette constatation de fait?

Dans la respiration *in vitro*, le tissu ne recevant aucune excitation exté-

(1) En même temps les stries d'insertion ciliaire, qui étaient longitudinales, deviennent hélicoïdales, leur trace sur le plan de la préparation formant un angle d'environ 20° avec les bords du Spirostome.

(2) Séance du 23 mars 1925.

(3) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 225.

rieure ne peut trouver qu'en lui la cause de ses échanges; son intensité respiratoire est nécessairement alors fonction de sa constitution. Cette manière de voir est renforcée par un rapprochement qui s'impose : si l'intensité respiratoire d'un tissu est caractéristique, non de l'animal, mais de l'espèce cellulaire, il en est exactement de même de sa composition. A défaut de nouvelles données personnelles récemment acquises et non encore publiées, celles qui figurent dans les tables de König pour les matières protéiques et les substances minérales, celles apportées par Mayer et Schaeffer pour l'eau et les substances lipoïdiques le prouvent surabondamment.

Intensité respiratoire et constitution chimique d'un tissu étant toutes deux caractéristiques de l'espèce cellulaire, n'est-il pas alors légitime de penser que la première est fonction de la seconde?

La question se pose alors de déterminer, parmi les divers constituants permanents de la cellule, ceux qui interviennent et la mesure de leur intervention. Un premier examen montre que les différences de concentration globale sont trop faibles pour être invoquées : les données antérieurement apportées par nous (*loc. cit.*) font ressortir les mêmes écarts entre les tissus, que l'intensité respiratoire ait été rapportée au poids frais ou au poids sec. Il faut donc envisager l'existence de rapports particuliers avec certains constituants.

A priori la variation de masse des substances protéiques quantitativement les plus importantes, ne paraît pas pouvoir être négligée. D'autre part de nombreux physiologistes et biochimistes parmi lesquels surtout Loew (1891), Mayer et Schaeffer (1913), Wariburg et Meyerhoff (1913) et plus récemment (1923) Embden et ses élèves ont insisté sur le rôle très probable des lipoïdes phosphorés dans le mécanisme des oxydations cellulaires.

Or, si — utilisant nos chiffres quant à l'intensité respiratoire, faisant appel pour la constitution du cerveau au travail de Koch, dans le cas des autres tissus à ceux de Mayer et Schaeffer pour le P lipoïdique et à nos données personnelles pour les matières protéiques — nous tentons d'établir un rapport entre la respiration élémentaire et les matières protéiques ou le P lipoïdique, aucune cohérence n'apparaît dans les résultats, comme le fait ressortir le tableau ci-après :

	Cerveau.	Foie.	Rein.	Muscle Oiseau.	Muscle Mammifère.
Protéique en % du poids frais (en gr.)	10,62	16,25	16,25	22,93	22,50
P lipoïdique en % du poids frais (en gr.)	0,205	0,132	0,123	0,080	0,066
Intensité respiratoire (mm³ O² par gr. frais/heure)	541	420	418	402	364
Rapport $\frac{\text{intensité respiratoire}}{\text{teneur en protéique}}$	50	25	25	17	16
Rapport $\frac{\text{intensité respiratoire}}{\text{teneur en P lipoïdique}}$	26	29	31	50	60
Rapport $\frac{\text{Intensité respiratoire}}{\text{ten. en protéiques} \times \text{ten. en P lipoïdique}}$	24	19	20	21	25

Mais une conception plus complexe n'est-elle pas plus proche de la réalité? Et ne peut-on pas imaginer, par exemple, qu'une même unité de masse protéique, siège des combustions, voit la grandeur de ces combustions modifiée en fonction de la quantité de P lipoïdique que renferme la cellule ?

La très grande cohérence que présente le rapport :

$$\frac{\text{Intensité respiratoire}}{\text{teneur en protéiques} \times \text{teneur en P lipoïdique}}$$

nous paraît constituer un argument important en faveur de cette manière de voir. Des recherches actuellement en cours comportent l'examen de la fixité de ce rapport chez les poïkilothermes et chez les végétaux.

Dès maintenant et sans, bien entendu, rejeter en aucune manière l'intervention possible d'autres constituants cellulaires, nous croyons pouvoir formuler, à titre de première approximation, la loi suivante :

L'intensité respiratoire in vitro *d'un tissu est directement proportionnelle au produit de sa teneur en protéiques par sa teneur en* P *lipoïdique.*

PHYSIOLOGIE. — *Variations du taux de l'urée dans le sang du Cobaye sous l'influence d'un régime déséquilibré par manque de facteur antiscorbutique.* Note de Mme **L. Randoin** et Mlle **A. Michaux**, présentée par M. E. Leclainche.

Afin d'obtenir quelques indications sur le mécanisme de la production des lésions et des symptômes observés au cours du scorbut expérimental,

nous avons entrepris l'étude des modifications de la composition du milieu intérieur et aussi des organes qui semblent plus particulièrement touchés dans cette maladie, en particulier capsules surrénales et foie [1].

Il n'existe que peu de renseignements sur les variations de la composition du plasma sanguin au cours du scorbut. En ce qui concerne la teneur en urée, un travail de Lewis et Karr [2] tend à prouver que cette teneur augmente dans des proportions considérables. De $0^g,43$ ou $0^g,61$ pour 1000, chiffres trouvés chez deux animaux normaux, elle s'élèverait parfois jusqu'à $2^g,18$ et même $2^g,30$; les résultats donnés sont d'ailleurs très variables avec les 10 individus mis en expérience. Mais ceux-ci ont été nourris avec de l'avoine, aliment mal équilibré et le poids des ingesta, qui, avec ce régime, diminue de plus en plus, n'a pas été déterminé.

Le régime que nous employons est un régime complet et équilibré, assurant la croissance et l'entretien du Cobaye [3]; il est formé de deux parties très inégales : l'une (*régime proprement dit*) apportant toutes les substances élémentaires fondamentales (sauf le facteur C), ainsi que toute l'énergie nécessaire; l'autre comprenant uniquement la source de facteur C, soit 2^{cm^3} *de jus de citron par jour*, dont le poids sec représente à peine $\frac{1}{200}$ du poids sec de la ration quotidienne totale ingérée, laquelle est de 100^g à 120^g en moyenne.

La suppression de cette seconde partie détermine néanmoins dans le régime un déséquilibre brutal qui se traduit, au bout d'un certain temps, par un arrêt de la croissance, une chute du poids de l'animal, divers symptômes bien typiques; la mort survient au bout de 30 jours environ.

Technique. — Pour donner plus de valeur à nos résultats, nous opérons constamment *d'une manière comparative* en employant trois lots de Cobayes de *même sexe* (mâle) et de *poids moyen* (450 à 550^g).

A. 60 Cobayes recevant une nourriture naturelle (mélange à parties égales de choux, carottes, pommes de terre, son);

B. 60 Cobayes recevant le régime artificiel complet;

C. 60 Cobayes recevant le même régime, privé uniquement de facteur C.

---

(1) Lopez-Lomba et Mme Randoin, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1576.

(2) Lewis et Karr, *Journ. Biol. chem.*, 18, 1916, p. 17.

(3) Lopez-Lomba et Mme Randoin, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1003. — Mme L. Randoin, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 5, 1923, p. 806.

Nous rappelons la composition centésimale du régime proprement dit : farine de haricots blancs, 83; levure de bière sèche, 3; graisse de beurre, 5,5; lactate de chaux, 5; chlorure de sodium, 1,5; papier filtre, 2.

Dans ces conditions — et seulement dans ces conditions — les troubles observés chez les animaux carencés sont bien dus au défaut d'une substance représentée par une quantité de matière petite et relativement définie. L'emploi d'individus absolument normaux (lot A) permet en outre de prouver à chaque moment que le régime artificiel complet se comporte bien comme le régime naturel.

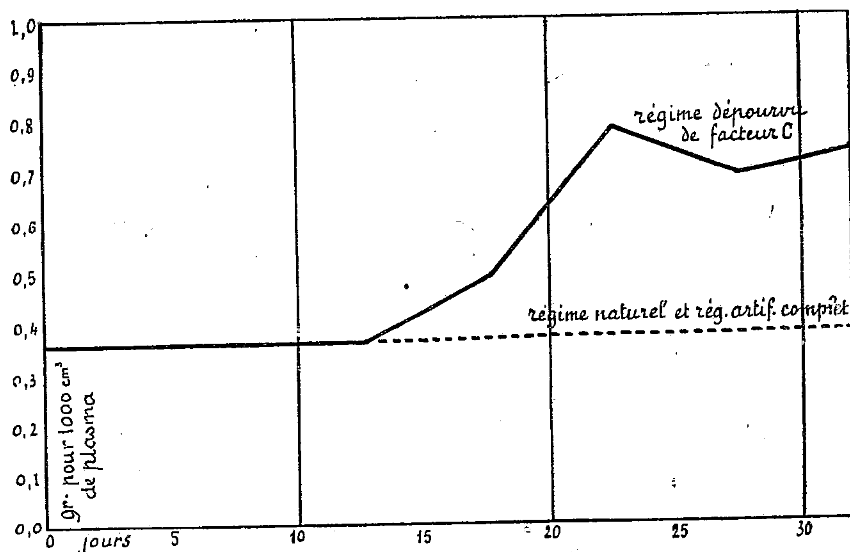
Le temps de la maladie a été partagé en six périodes de cinq jours chacune; pendant chaque période, le taux de l'urée du plasma était déterminé en utilisant 10 Cobayes, soit 30 Cobayes pour les trois régimes. Trois dosages par période et par régime ont été effectués par la *méthode de Fosse* (au xanthydrol) avec le sang mélangé de 3 ou 4 individus, sang recueilli en quantité relativement peu élevée par ponction cardiaque.

Tous les résultats que nous avons obtenus (*exprimés en grammes d'urée pour* 1000$^{cm^3}$ *de plasma*) sont groupés dans le tableau suivant :

	Régime naturel.	Moyennes.		Régime artificiel complet.	Moyennes.		Régime artificiel privé de facteur C.	Moyennes.	
	0,46			0,38			0,38		
1er au 5e jour.....	0,35	0,387		0,39	0,373		0,27	0,360	
	0,35			0,35			0,43		0,366
	0,25			0,33			0,38		
6e au 10e jour.....	0,45	0,323	0,371	0,48	0,386	0,386	0,40	0,373	
	0,27			0,35			0,34		
	0,27			0,49			0,50		
11e au 15e jour.....	0,37	0,403		0,30	0,400		0,44	0,487	0,487
	0,57			0,41			0,52		
	0,35			0,29			0,64		
16e au 20e jour.....	0,43	0,367		0,49	0,393		0,93	0,783	
	0,32			0,40			0,78		
	0,45			0,47			0,80		
21e au 25e jour.....	0,33	0,373	0,360	0,39	0,400	0,391	0,65	0,697	0,742
	0,34			0,34			0,64		
	0,33			0,27			0,99		
26e au 32e jour.....	0,35	0,340		0,42	0,380		0,61	0,747	
	0,34			0,45			0,64		
Moyenne générale.			0,365			0,388			0,574
Écart moyen......			0,058			0,055			0,168

Conclusions. — Chez le Cobaye normal, recevant une nourriture naturelle, le taux de l'urée du liquide sanguin oscille autour de 0g,36 pour 1000$^{cm^3}$ de plasma. Chez le Cobaye soumis au régime artificiel complet, le taux moyen est très voisin du précédent : 0g,38 pour 1000.

Le déséquilibre alimentaire déterminé par la suppression, dans ce dernier régime, du facteur antiscorbutique, ne fait sentir ses effets, en ce qui concerne l'urée du sang, qu'après une douzaine de jours, c'est-à-dire au moment où les divers symptômes commencent à apparaître. La teneur en



urée atteint environ 0g,50 du 11e au 16e jour, puis 0g,80 du 16e au 22e jour; elle semble diminuer ensuite légèrement pour se maintenir à la fin de la maladie au niveau de 0g,75 (voir le graphique).

Cette augmentation est-elle due à un trouble de l'excrétion de l'urée, ou bien à un trouble de la formation de l'urée en relation avec les lésions hépatiques observées? De nouvelles expériences nous permettront sans doute de répondre à cette question.

Quoi qu'il en soit, nous ne voyons pas dans ce fait un trouble primitif, résultant d'un effet *direct* du défaut de facteur C sur la constitution et le fonctionnement d'un organe. Nous pensons que l'augmentation de la teneur du sang en urée, au milieu et à la fin du scorbut, ne traduit que des troubles secondaires.

HISTOLOGIE. — *Métamérie et éléments musculaires à corps externe, chez* Scoloplos armiger. Note de M. **Auguste Michel**, présentée par M. Henneguy.

Pour chercher l'origine de la Métamérie, j'ai étudié la région caudale à segments peu différenciés de *Scolopos armiger* Œrsted (= *Aricia Mulleri* Rathke; Annélides Ariciens) à l'état soit naturel, soit régénéré. Dans ce dernier cas, à la suite d'une soudure cicatricielle anale des parois somatique et intestinale, s'établit un bourgeon; pendant l'allongement de ce bourgeon, son extrémité reste longtemps renflée, surtout ventralement, par le mésoderme hypertrophié. Alors se produit une évolution structurale, que d'ailleurs à une extrémité normale on retrouve lente ou terminée.

Les cellules mésodermiques s'allongent transversalement; ce tissu, à part la région terminale, est d'abord compact, mais en obliquant ses éléments de dehors vers l'extrémité. Puis, plus loin du sommet, les éléments se groupent en amas, avec limites qui se dédoublent ensuite vers l'intérieur et l'extérieur; les vides en résultant deviennent ordinairement des vaisseaux intermédiaires, longitudinaux et annulaires; après l'établissement de ces limites, les cellules se développent en cloisons, composées de fibres et mésothèles avec vaisseaux annulaires, en s'écartant et laissant dans chaque amas les cavités cœlomiques; cette séparation métamérique des éléments orientés est surtout bilatérale, ne gagnant que plus tard les lignes médianes.

Dans la région terminale se développe rapidement le sphincter anal à fibres transverses; entre lui et le tissu précédent on voit une masse claire de sarcoplasmes nucléés, probablement générateurs des fibres du sphincter.

Plus loin de l'extrémité, s'efface ce sphincter et apparaissent les muscles ordinaires.

1° Longitudinaux : d'abord en deux paires de bandes (dorso-latérales plus larges et ventro-latérales); plus loin, ces muscles s'étendent sur le pourtour et inversement les ventraux plus développés que les dorsaux. Les cavités cœlomiques sont bientôt envahies par des masses cellulaires, insérées sur ces muscles longitudinaux; pour prouver un vrai rapport élémentaire des fibres et de ces sarcoplasmes nucléés, il est impossible à l'aide de coupes longitudinales de suivre exactement à la fois le parallélisme des fibres et l'enchevêtrement des cellules plus ou moins éloignées; mais sur des coupes transversales on peut débrouiller des exemples de cette liaison : les fibres les plus jeunes, quoique déjà longues, montrent nette-

ment sur les côtés un corps cellulaire nucléé; même pour la plupart des fibres, plus avancées, si les masses cellulaires sont plus ou moins éloignées, on découvre néanmoins çà et là une partie rétrécie, dirigée du corps vers la fibre, ainsi que son noyau par une pointe.

2° Circulaires : des coupes médianes les montrent en couche sous-ectodermique, elle-même métamérisée en faisceaux, d'abord petits, de fibres transverses. Des coupes latérales, tangentes à cette couche circulaire, montrent les fibres (à corps nucléé placé tout contre) ici en série continue dans la paroi, puis en dedans métamérisant par leur séparation vers les cloisons respectives.

Sur ces coupes transversales, mais aussi parfois sur les coupes longitudinales, on peut constater, entre le sphincter et les muscles ordinaires, que les fibres longitudinales passent en dehors des fibres du sphincter : celui-ci, interne, ne rentre donc pas complètement dans la série des muscles circulaires proprement dits, toujours externes.

La métamérie de la paroi somatique est précédée de la métamérie mésodermique. Elle est superficielle, parfois aussi accompagnée en dedans d'un entaillement ectodermique par les sacs mésodermiques. Sur les côtés du renflement extrême, la pression du mésoderme hypertrophié comprime les cellules ectodermiques et détermine leur divergence de part et d'autre, alors qu'au sommet elles se redressent et inversement sont allongées. L'ectoderme ventral s'épaissit pour se différencier en névraxe; même encore plus à l'extrémité, n'y recevant cependant les fibrilles nerveuses qu'en effacement progressif. Cet *épaississement terminal* avec fibrillation réduite se régénère aussi, mais ne s'achevant que tardivement.

Ces observations me conduisent aux conclusions suivantes pour le *Scoloplos armiger :* 1° la *métamérisation* a une origine *mésodermique* et *bilatérale*, par allongement transverse des cellules, puis leur séparation en groupes; la division de la paroi somatique est ultérieure, probablement comme conséquence; 2° le *pygidium*, sans mésoderme cœlomique distinct du foyer, avec un muscle transverse plutôt analogue qu'homologue des muscles circulaires somatiques, me paraît représenter *non* un des *métamères* (anneau postfocal), mais plutôt une région générale; 3° dans les éléments *musculaires*, surtout à fibres longitudinales, les *corps* cellulaires sont, chez ces Annélides, *latéraux*, comme chez les Nématodes, même, vu l'éloignement de la plupart, plutôt *externes*, comme souvent chez les Platodes.

PHYSICO-CHIMIE. — *Contribution expérimentale à l'étude du transit des électrolytes. Vitesse de diffusion à travers un septum et sélection ionique.* Note [1] de M. **W. Mestrezat** et de Mlle **Y. Garreau**, présentée par M. Jean Perrin.

La diffusion des ions d'un électrolyte contre de l'eau distillée se fait au travers d'un septum en quantités équimoléculaires. Les forces électrostatiques puissantes qui unissent les deux ions limitent leur vitesse de diffusion à celle du moins mobile d'entre eux, dans les conditions de l'expérience. La diffusion d'un anion tel que $(CO^3)''$, par exemple, sera rendue impossible, si le cation fait partie intégrante d'un tissu ou se présente sous une forme non diffusible.

Tout autres sont les faits, si, comme le laissait déjà soupçonner une ancienne expérience d'Ostwald (1890), et comme le montrent les expériences suivantes, le milieu vers lequel a lieu la diffusion renferme une molécule susceptible de se prêter à un échange d'ions avec la molécule en diffusion. Les ions les plus mobiles libérés temporairement du cadre moléculaire recouvrent, dans ces conditions, leur vitesse de diffusion propre et peuvent donner lieu à des phénomènes de transport rapides et à des effets sélectifs du type de ceux que P. Girard, V. Morax et l'un de nous avons signalés [2].

En dialysant sur des baudruches de mouton décalcifiées ou des vessies de porc chargées de sulfure de cuivre, aussi bien, d'ailleurs, que sur de simples sacs de collodion peu perméables, des solutions N 0,25 de INa, NO^3Na, SO^4Mg, $(PO^4H)Na^2$, $(FeCy^6)K^4$, soit contre de l'eau distillée ou des solutions de chlorure de sodium à diverses concentrations

(N 0,01 — 0,05 — 0,10 — 0,25),

on observe [3] :

1° Une augmentation générale, souvent très grande, de la vitesse de diffusion des anions $(I)'$, $(NO^3)'$, $(SO^4)''$, $(PO^4H)''$, $(PO^4)'''$, $(FeCy^6)^{IV}$, lorsque le milieu extérieur renferme du chlorure de sodium. Les vitesses obtenues passent par un *maximum*, pour une concentration donnée de ce sel.

---

(1) Séance du 23 mars 1925.

(2) *Comptes rendus*, **178**, 1922, p. 1727.

(3) Courbes et protocoles expérimentaux paraîtront dans un autre Recueil.

Les augmentations réalisées ont atteint jusqu'à 1268 pour 100 avec le ferrocyanure de potassium. Les chiffres sont, généralement, moins élevés : 491, 117, 111 pour 100, plus rarement, quelques unités seulement avec les autres sels.

2° L'augmentation varie d'une membrane à l'autre et pour une même membrane, avec le sens dans lequel s'effectue la diffusion, ainsi qu'avec l'état physique du septum.

3° L'augmentation des vitesses de diffusion réalisées pour une même membrane et un même anion, toutes choses égales, dépend de la nature du cation auquel l'anion est conjugué.

4° Les concentrations du chlorure de sodium, dans le milieu extérieur, pour lesquelles les vitesses de diffusion de l'ion étudié se montrent les plus grandes sont en raison inverse de la valence de l'anion considéré. La concentration optima a été, dans nos expériences, de N 0,14 pour les ions *monovolents ;* de N 0,08 pour les anions *bivalents;* N 0,05 pour les ions *trivalents* et seulement de N 0,01 pour l'ion ferrocyanure *tétravalent*.

5° Les valences des ions interviennent pareillement, si nous considérons les vitesses maxima de diffusion réalisées, dans la mesure où les valences présentent des affinités chimiques comparables. Les anions $(IK)'$, $(NO^3)'$, $(SO^4)''$, qui se rapportent tous à des acidités fortes, montrent, en fait, en 2 heures, dans le milieu extérieur, des concentrations en anions de N 0,043 et de N 0,023, que l'on voit être sensiblement proportionnelles, à l'inverse des charges portées par les ions.

Les courbes obtenues en inscrivant en ordonnées les concentrations de l'anion diffusé et en abscisses les teneurs croissantes en chlorure de sodium des solutions utilisées dans le milieu extérieur font ressortir l'influence marquée de traces seulement de chlorure de sodium et mettent en évidence le maximum signalé.

L'existence de ce maximum ne provient pas d'un appauvrissement en anions $(Cl)'$ du milieu extérieur, pas plus que de la quantité absolue ou relative des ions $(Cl)'$ diffusés dans le milieu intérieur. La seule variable que l'on puisse invoquer est la concentration absolue du chlorure de sodium sur la face externe du septum, concentration susceptible de modifier la polarisation de celui-ci.

Cette hypothèse du développement progressif d'une force contre-électromotrice gênant le mouvement en sens inverse des anions d'un milieu dans l'autre aurait un double avantage d'expliquer l'aplatissement des courbes avec le nombre de charges portées et le déplacement vers la gauche

de l'optimum de concentration de la solution de chlorure, lorsque la valence croît.

Ces faits, sur l'interprétation et le mécanisme desquels nous reviendrons, ne sont qu'une image amoindrie de ce qui est réalisé au sein d'un tissu. La constitution cellulaire de celui-ci multiplie les phases de diffusion rencontrées, et, partant, les effets observés. Ils attirent l'attention sur le rôle fondamental que peut avoir comme accélérateur des échanges organiques le chlorure de sodium de nos humeurs, dont le taux, sensiblement *décinormal*, est précisément voisin de celui que nos expériences sur les ions *mono* et *bivalents* ont montré être le plus efficace.

Ainsi s'expliqueraient peut-être maints effets heureux, directs ou indirects, des injections thérapeutiques de sérum physiologique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les rapports nerveux d'yeux transplantés avec les centres nerveux en voie de développement chez l'* Amblystoma punctatum. Note de MM. **Raoul M. May** et **S. R. Detwiler**, présentée par M. F. Mesnil.

Lewis (1904) (1) a institué une technique pour la transplantation d'yeux embryonnaires de Batraciens. Il a étudié de cette manière divers facteurs dans l'embryologie de l'œil, en particulier la différenciation du cristallin. Subséquemment Laurens et Williams (1917) (2) ont fait des recherches sur l'histologie et l'histophysiologie des éléments d'yeux transplantés autoplastiquement dans des embryons d'*Amblystoma punctatum.* Uhlenhuth (1912) (3) a greffé des yeux sur des larves de *Salamandra maculosa* et *Triton alpestris* et observé l'influence de l'hôte sur le greffon. Il a répété ces expériences (1917) (4) sur des larves d'*Amblystoma punctatum.*

Nous avons excisé la vésicule optique et l'ectoderme sus-jacent sur des embryons d'*Amblystoma punctatum*, au stade de développement où la queue commence à se différencier (tail-bud stage). Nous transplantons ces pièces dans la région optique d'embryons dont la vésicule otique a été précé-

(1) *Amer. Journ. Anat.*, 3, 1904, p. 505-536.
(2) *Jour. Exp. Zoöl.*, 23, 1917, p. 71-83.
(3) *Arch. f. Entwick.-mech. d. Org.*, 36, 1912, p. 211-261.
(4) *Jour. Exp. Zoöl.*, 24, 1917, p. 237-301.

demment réséquée. Ces opérations sont faites sous le microscope binoculaire, avec des ciseaux à iridectomie et des aiguilles fines.

Les embryons se sont développés normalement. Après un laps de temps de 22 à 51 jours, les larves ont été fixées pour l'étude anatomique des organes transplantés. Les yeux s'étaient développés normalement; un nerf s'était formé dans chaque cas à partir de l'œil transplanté. Nous avons constaté en outre que nous avions incidemment transplanté avec l'œil une partie plus ou moins grande de l'organe olfactif, et que celui-ci s'était développé jusqu'à un certain stade, émettant presque toujours un nerf olfactif.

Dans quelques cas l'œil était déformé en partie. Cette déformation siégeait de préférence à l'endroit où le nerf optique qui s'était formé se détachait de l'œil pour se réunir à un centre nerveux.

Nous avons fait des observations sur quinze larves. Dans 4 cas, le nerf optique s'était arrêté à la couche pigmentaire de l'œil; dans 3 cas, il s'était perdu dans le mésenchyme; dans 3 autres cas, il s'était mis en relation avec la partie restante du ganglion acoustico-facial; dans 4 cas, cette connexion avait lieu avec le ganglion complexe vague-glossopharyngien; dans 1 cas, enfin, le nerf optique était en connexion directe avec le bulbe.

Parmi ces mêmes larves, deux ne présentaient pas de nerf olfactif partant de l'organe olfactif transplanté; dans 5 cas, le nerf olfactif se perdait dans le mésenchyme; dans 2 cas, il entrait en relation avec le ganglion de Gasser; dans 3 cas, cette connexion avait lieu avec la portion restante du ganglion acoustico-facial; dans 3 cas, enfin, il y avait une connexion avec le ganglion complexe vague-glossopharyngien.

Ni la rotation de l'œil, ni la quantité de cartilage qui se forme près de cet organe ne sont les facteurs essentiels qui déterminent les relations du nerf optique.

La résection de la vésicule optique entraîne une réduction partielle du ganglion acoustico-facial de ce côté de l'animal. Dans un certain cas, il y avait 3145 cellules dans le ganglion du côté normal, et 1243 cellules dans le ganglion du côté opéré, ce qui représente une réduction de 1902 cellules, soit 60,4 pour 100.

La connexion du nerf optique avec un ganglion détermine une hyperplasie de celui-ci. Ceci est démontré par le tableau ci-après. Les ganglions hyperplasiques se trouvent placés à un point beaucoup plus antérieur dans l'animal que ceux du côté normal. Il semble que le nerf optique exerce une attraction sur eux.

Influence de la connexion du nerf optique de l'œil transplanté sur le nombre de cellules dans le ganglion complexe vague-glossopharyngien.

Animal.	Cellules du côté normal.	Cellules du côté opéré.	Augmentation dans le nombre de cellules du côté opéré.	Augmentation exprimée en pour 100.
EE 10	3309	5035	1726	52,1
EE 7	5782	7581	1799	31,1

Les cylindre-axes qui partent de ces cellules ganglionnaires ne déterminent pas une hyperplasie du bulbe. Dans le cas de l'animal EE 10, les cellules des deux côtés du bulbe ont été comptées à l'endroit où il y avait une connexion avec le ganglion hyperplasique (voyez plus haut). Du côté normal du bulbe, il y avait 14525 cellules, du côté opéré 14101, soit un excès de 424 cellules, ou 3 pour 100, du côté normal. Ceci rentre facilement dans l'erreur probable, et ne signifie aucune hyperplasie.

Mais une connexion directe du nerf optique avec le bulbe, dans notre cas unique (EE 3), a déterminé une hyperplasie de ce bulbe. Il y avait, sur une épaisseur de 160^{μ} de ce centre proches de l'endroit où le nerf optique pénétrait dans le bulbe, 2542 cellules du côté normal et 3120 du côté opéré, soit une augmentation de ce côté de 578 cellules ou 22,7 pour 100. Il y avait aussi une migration considérable de cellules de la matière grise dans la matière blanche du bulbe, vers l'endroit même où pénétrait le nerf optique.

La pénétration du nerf optique d'un œil transplanté dans un centre nerveux détermine donc une hyperplasie de ce centre et une migration, soit du ganglion entier, soit de cellules de la substance grise dans la substance blanche. Ainsi ce nerf semble exercer une action attractive sur les centres avec lesquels il entre en relation.

Nos résultats nous semblent pouvoir s'expliquer par la théorie du neurotropisme de S. Ramón y Cajal et la théorie de la neurobiotaxie de Kappers.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution des lipoïdes et la sexualisation du cytoplasme dans les Sporozoaires.* Note (1) de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, transmise par M. Henneguy.

L'existence des lipoïdes et des graisses a déjà été indiquée dans le cytoplasme des Sporozoaires (2). Aux espèces citées, il faut ajouter les types suivants dont le cytoplasme renferme des lipoïdes : *Adelina dimidiata*, Coccidie parasite de la Scolopendre; *G. polymorpha* et *G. cuneata*, Grégarines du *Tenebrio molitor* et *Stylorynchus longicollis*, parasite du Blaps.

Les sporozoïtes de *G. polymorpha*, fixés à l'épithélium intestinal et les formes intraépithéliales renferment des granules lipoïdes. L'importance de ces réserves est plus grande à ces phases du développement qu'au stade sporadin. Le cytoplasme des sporadins ne renferme, en effet, que quelques granules ou petites vésicules. Dans les associations, le primite contient plus de lipoïdes que le satellite. Au stade de l'enkystement, la différence entre les conjoints est encore plus accusée; la Grégarine ♀ a des vésicules lipoïdes plus nombreuses et plus osmiophiles. Ces différences sont semblables à celles décrites dans *Nina gracilis* (2).

Parmi les caractères de sexualisation, décrits dans *Nina* (3), certains, comme l'affinité du ♂ pour le bleu de méthylène, doivent être interprétés comme une manifestation de la différence de chimisme, liée à l'évolution différente des lipoïdes, suivant le sexe. La lipogenèse, qui apparaît dans le ♀, est en relation avec l'existence d'un milieu cytoplasmique réducteur. La décoloration, presque totale du bleu de méthylène dans ces Grégarines, traduit simplement, par la formation de leucodérivés, l'existence de cette qualité réductrice du cytoplasme. Dans le ♂, où ces conditions de milieu ne sont pas réalisées, le bleu de méthylène n'est pas décoloré. Une réaction semblable se manifeste dans *Aggregata Eberthi*, correspondant aux mêmes conditions. Le ♂, à toutes les phases de son évolution, a des affinités marquées pour le bleu de méthylène; dans le cytoplasme ♀, il y a décoloration presque totale du réactif. Dans tous les cas d'ailleurs, Grégarines ou Coccidies, quel que soit le sexe, le noyau, organe des oxydations, conserve ses affinités pour le colorant.

(1) Séance du 23 mars 1925.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 335.

(3) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1212.

Dans *Adelina dimidiata*, de bonne heure, les jeunes schizontes ou gamontes présentent leurs réserves lipoïdes sous la forme de petites vésicules. Les groupements de ces vésicules rappellent la distribution du paraglycogène aux mêmes stades ([1]), mais ici, la localisation des réserves est moins nette, il y a des vésicules lipoïdes dans toutes les parties du cytoplasme, y compris la pointe de la Coccidie. Dans le microgamétocyte, les vésicules s'accroissent peu et conservent leurs caractères lipoïdes jusqu'à la fin de l'évolution.

Dans le macrogamète, les vésicules grossissent pendant la croissance de la Coccidie et se répartissent plus régulièrement dans le cytoplasme. Le maximun de développement de la masse de réserves lipoïdes est atteint au moment où la Coccidie a son maximum de longueur. A ce stade, ces réserves forment avec le paraglycogène et les albuminoïdes une véritable mosaïque. Des trois constituants de la mosaïque, c'est le paraglycogène qui prendra la plus grande importance dans la suite de l'évolution. Son augmentation est, au début, parallèle à une diminution des réserves lipoïdes.

Au moment de la fécondation, les réserves lipoïdes se divisent en deux parties. La première partie des vésicules se trouve à la périphérie du macrogamète, où sont situées également les réserves albuminoïdes; ces lipoïdes évoluent vers la forme graisse. Dans les stades que j'ai pu suivre, quelques vésicules seulement étaient transformées en graisse, formant, soit deux ou trois enclaves, soit une seule enclave, alors plus volumineuse, placées à la périphérie du cytoplasme. L'évolution vers la forme graisse est donc ici plus tardive et moins importante que dans *Aggregata*. La deuxième partie des réserves lipoïdes vient se condenser en une seule masse placée sur le noyau et tout à fait semblable à l'image donnée par l'appareil de Golgi à ce stade.

Dans la suite de l'évolution, la masse lipoïde donne des figures superposables à celles, cependant si particulières, que donne l'appareil de Golgi ([1]), dans ses migrations parallèles aux migrations nucléaires. A ce stade de l'évolution, qui précède la formation d'éléments reproducteurs, l'appareil de Golgi se confond morphologiquement avec une partie des réserves lipoïdes. L'étude de *Aggregata* ayant montré la transmission des éléments de Golgi dans les diverses phases de l'évolution; je considère que, aux stades de multiplication de la Coccidie, l'appareil de Golgi est le support

([1]) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 975.

de la provision lipoïde qui, se transmettant d'une génération à l'autre, contribue à assurer la constance chimique de l'espèce.

Dans les phases de croissance, les images de l'appareil de Golgi sont différentes de celles données par les lipoïdes. Un fixateur, capable de conserver les deux formations, ne permet cependant pas de distinguer les éléments de Golgi des vésicules. La partie *lipoïde*, la plus osmiophile des vésicules, constituerait-elle l'élément de Golgi? On s'expliquerait alors que la transformation en graisse de nombreuses vésicules dans la Grégarine ♀ ait pour conséquence sa pauvreté en éléments de Golgi. Le caractère de sexualisation des Grégarines, tiré de la teneur en éléments de Golgi, serait alors du même ordre que la réaction au bleu de méthylène; il serait une manifestation de la différence d'évolution des lipoïdes. Quelle que soit d'ailleurs l'interprétation admise sur les rapports entre les éléments de Golgi et les vésicules lipoïdes, pendant les phases de croissance, la différence dans l'évolution des lipoïdes n'en constitue pas moins un caractère fondamental de la sexualisation du cytoplasme des Sporozoaires.

THÉRAPEUTIQUE. — *Démonstration de l'efficacité de la quininisation quotidienne, à petites doses, comme réducteur du réservoir de virus dans le paludisme des indigènes.* Note [1] de MM. **H. Foley** et **M. Brouard**, présentée par M. Roux.

La valeur curative de la quininisation quotidienne à petites doses chez les porteurs de germes paludéens est encore discutée. La longue durée du paludisme, sa marche chronique, les périodes de latence de l'infection rendent les vérifications difficiles et incertaines. A défaut de signes cliniques de la guérison, nous disposons cependant de deux méthodes de contrôle précises : la mensuration de l'hypertrophie splénique et la recherche des parasites dans le sang.

Chez les indigènes du Sud algérien, la splénomégalie est souvent peu prononcée et sa mesure donne des résultats inférieurs à ceux qu'on obtient par la recherche de l'hématozoaire dans le sang; mais les examens microscopiques doivent être extrêmement minutieux et prolongés, parce que le parasitisme des porteurs de germes est d'ordinaire très discret.

[1] Séance du 16 mars 1925.

Une expérience de longue durée, basée sur l'emploi de ces méthodes d'investigation, nous permet d'affirmer de nouveau l'efficacité de la quinine donnée à petites doses quotidiennes, pendant plusieurs mois, pour obtenir la diminution du réservoir de virus paludéen.

Notre étude a été poursuivie à Beni Ounif-de-Figuig, ksar du Sud oranais, qui compte 405 habitants blancs, arabes et berbères ou négroïdes.

Du mois d'avril 1923 au mois de mai 1924, nous avons établi, à chaque saison (avril, juin, septembre, décembre 1923, avril 1924), les index *splénique*, *plasmodique* et *gamétique* de 109 enfants et adolescents, âgés de 1 à 20 ans, 48 blancs, 61 négroïdes. Pour tous les examens de sang, nous avons prélevé, sur chaque individu, un étalement et 3 gouttes épaisses qui ont été examinés, par le même observateur, pendant 30^{m} au moins, lorsque les parasites étaient rares ou absents.

Dans la région, la période épidémique s'étend de mai à novembre. *Chez les enfants non quininisés,* les index augmentent progressivement à partir du printemps, pour atteindre leur maximum en décembre, à la fin de la saison fiévreuse. Ainsi, d'avril à décembre, l'index *splénique* a varié de 11,9 à 27,5 pour 100; l'index *plasmodique* de 52,3 à 61,5 pour 100; l'index *gamétique* de 23 à 37,6 pour 100. Dans l'ensemble, et au cours d'une année, l'examen microscopique a révélé chez les blancs 100 pour 100 de parasites et 83 pour 100 de porteurs de gamètes; chez les négroïdes, plus résistants, 83 pour 100 de parasites et 64 pour 100 de porteurs de gamètes.

70 enfants du premier groupe, pris parmi les plus jeunes et les plus fréquemment parasités, ont été soumis, du 7 mai au 15 novembre 1924 (192 jours), à la quininisation méthodique, strictement surveillée. On a administré chaque jour 0^{g},10 de sulfate de quinine (chocolatines) aux enfants de 1 à 5 ans; 0^{g},20 (1 dragée) aux enfants de 6 à 10 ans; 0^{g},40 (2 dragées) aux enfants ayant dépassé 10 ans.

La vérification des résultats a été faite le 8 décembre, trois semaines après la fin de la quininisation. *Chez les quininisés* l'index *splénique* s'était abaissé à zéro; l'index *plasmodique* à 11 pour 100; l'index *gamétique* à 4,2 pour 100. Parmi les enfants de 1 à 10 ans, au nombre de 40, on n'a trouvé qu'un seul parasité.

Conclusions. — Les index endémiques du paludisme relevés au cours de plusieurs saisons consécutives, en particulier l'index parasitaire (*plasmodique* et *gamétique*), établi à l'aide d'examens microscopiques du sang très minutieux et prolongés, mettent bien en évidence le nombre et le degré d'infection des porteurs de germes.

La comparaison de ces index avant et après quininisation montre que la

quininisation journalière, à petites doses, employée par le Service antipaludique algérien pour l'amendement du réservoir de virus, est très efficace et permet de réduire dans des proportions considérables le nombre des porteurs de germes.

MICROBIOLOGIE. — *Nouvelles expériences sur la dissémination des levures dans le vignoble par les drosophiles.* Note de MM. **Edmond Sergent** et **H. Rougebief**, présentée par M. Roux.

Nos expériences de l'an passé ont montré que les poussières ne jouent aucun rôle dans la dissémination des levures sur les raisins tandis qu'un rôle important doit être attribué aux insectes et *spécialement* aux drosophiles. Cette année nous avons pu vérifier ces conclusions et préciser certaines conditions de ce mode de transport.

Comme précédemment nous nous sommes servis de cage de $1^{m},60$ de côté et sous chacune, de même, nous avons isolé un plant de vigne (1). Vu les données acquises sur les vecteurs des levures nous avons jugé avantageux de modifier certaines dispositions dans les conditions de ces isolements.

Nous avons employé trois cages :

1° Cage A (2), à châssis entièrement vitrés, arrêtant strictement tous les insectes et toutes les poussières.

2° Cage B, à châssis entièrement recouverts d'un grillage à mailles de $0^{mm},6$ de côté, arrêtant tous les insectes y compris les drosophiles, mais permettant l'introduction des poussières.

3° Cage C, à châssis entièrement recouverts d'un grillage de $1^{m},60$ de côté et munis de nasses, c'est-à-dire permettant l'entrée des drosophiles et d'autres insectes.

Dès le 26 juin (3) les cages sont placées sur les plants. A ce moment le jus des raisins est déjà fermentescible mais aucune levure n'est encore déposée sur les pellicules (4).

---

(1) Plant de Carignan de 8 ans. Ces expériences comme celles de l'an passé ont eu lieu encore à Kouba, près d'Alger, dans le domaine de M. Grellet que nous remercions à nouveau vivement de son aimable collaboration.

(2) Celle-ci semblable à la cage A de l'an dernier.

(3) La maturation du raisin a été précoce en 1924.

(4) Du jus exprimé de ces raisins et ensemencé avec une levure pure de laboratoire fermenta parfaitement, tandis que des grains (500 ensemencés chacun dans un tube de moût stérile) ne provoquèrent aucune fermentation.

Le 8 septembre, le raisin était mûr, des grappes de chacune des serres sont prélevées aseptiquement dans des bocaux stériles, des grains pris à ces grappes sont introduits dans des tubes de moût stérile (un seul grain par tube); les tubes sont examinés matin et soir pendant 16 jours.

Voici le résumé de nos constatations :

Le raisin mûri en A, à l'*abri des poussières et des insectes*, n'a donné lieu à aucune fermentation : 350 tubes observés.

Le raisin mûri en B ([1]), *au contact des poussières* mais parfaitement à l'*abri de tout insecte*, n'a donné lieu, non plus, à aucune fermentation : 500 tubes observés.

Le raisin mûri en C, *au contact des poussières et des insectes*, a donné lieu à des fermentations dans 550 cas sur 550 : 550 tubes observés.

Le raisin des plants témoins, mûri à l'air libre, a provoqué des fermentations dans les mêmes proportions que le raisin mûri en C. 420 cas sur 420.

Dans aucun des tubes ensemencés avec les raisins de la cage A il n'y a eu évolution de drosophiles.

Non plus dans ceux ensemencés avec les raisins de la cage B. Nous pouvons même dire qu'aucun œuf de drosophile n'a été déposé sur les raisins de ces cages, car, en même temps que des grains de ces raisins étaient mis en milieux stériles, d'autres étaient mis en milieux fermentants, favorables donc à l'évolution des larves; de plus, les grains mis en milieu stérile, après le temps d'observation, étaient transvasés en milieux fermentants et, dans aucun cas, on n'observa l'apparition de drosophiles à quelque stade que ce fût.

Au contraire, chez les tubes ensemencés avec les raisins de la cage C, il y a eu évolution de larves de drosophiles dans 278 tubes sur les 550 examinés (qui montrèrent tous des fermentations). Le nombre des larves observées dans ces tubes était considérable, un certain nombre moururent, mais 860 évoluèrent jusqu'au stade adulte. Une seule larve différente de celles des drosophiles ([2]) fut observée aussi dans un de ces tubes, mais elle mourut avant d'avoir évolué.

Comme l'an passé donc nous avons pleinement observé ces concordances : absence de levures, absence d'œufs de drosophiles, présence de levures,

---

([1]) Le jus des raisins mûris en A et B était fermentescible; ensemencé avec une levure de laboratoire il fermenta aussi bien que celui de raisins mûris en C et à l'air libre.

([2]) Plus longue, épaisse, jaune.

présence d'œufs de drosophiles, et que si, à nouveau, l'influence du contact des insectes a été prépondérante pour la dissémination des levures sur le raisin, celle du contact des poussières a été absolument sans effet.

La séance est levée à $16^h 25^m$.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 9 mars 1925.)

Note de MM. *L. Bloch, E. Bloch* et *G. Déjardin,* Spectre d'étincelle du néon :

Page 731, ligne 25, *au lieu de* 95,7, *lire* 4595,7.
Page 733, ligne 27, *au lieu de* int. 8 07,82, *lire* int. 0 07,82.

(Séance du 23 mars 1925.)

Note de M. *J. Nageotte*, Sur la contraction extrême consécutive à la congélation du muscle strié chez la grenouille :

Page 957, ligne 11, *ajouter* (*fig.* C).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 AVRIL 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Encore un nouveau deuil à déplorer! M. **Rabut** s'est éteint, il y a quelques jours, après une vie tout entière consacrée aux progrès de l'art des constructions. Il avait acquis dans la théorie et la technique de cet art une maîtrise superbe, consacrée par un renom universel et par le choix de ses pairs, qui l'avaient proposé au Ministre des Travaux publics pour le prix Rouville. Ce fut un grand ingénieur; partout on recherchait ses conseils; l'État l'avait nommé Inspecteur général des ponts et chaussées et nous fûmes heureux, l'année dernière, de l'accueillir dans notre jeune division des membres industriels.

C'est dans l'application de la mécanique à la construction sous toutes ses formes que s'est affirmée la maîtrise de M. Rabut. Je manque de compétence pour vous retracer une œuvre aussi vaste et aussi imposante; je tiens à vous en signaler tout de même les deux points culminants.

Le premier est relatif aux moyens de reconnaître, par une sorte d'auscultation, le point faible des ouvrages, la cause de leur excès de fatigue et les moyens d'y porter remède. La question était d'autant plus difficile qu'on commençait alors à employer des matériaux métalliques et qu'on ignorait à peu près complètement les efforts intérieurs que subissent ces matériaux en fonction des forces extérieures. Grâce à des appareils simples et précis qu'il imagina pour la circonstance, M. Rabut trouva la solution du pro-

blème et appliqua sa méthode à la réfection des ouvrages anciens. On compte par centaines les ponts de chemins de fer condamnés qu'il sauva de la sorte. C'est ainsi, également, qu'il a pu abaisser de 6 à 3 le coefficient de sécurité des grands ouvrages, réduction qui implique une économie de matériaux considérable.

D'autre part M. Rabut affirmait son talent de constructeur pour l'emploi du béton armé. Il fut un des premiers à comprendre tous les avantages de cette invention française, il s'en fit le défenseur infatigable, inaugura pour elle un cours à l'École des Ponts et Chaussées; et, prêchant d'exemple, il fit construire en béton armé l'audacieux encorbellement qui domine les voies ferrées à la gare Saint-Lazare.

Plus récemment, il se passionna pour la question des barrages qui prend chaque jour une plus grande importance depuis qu'on s'efforce de généraliser le captage de la puissance hydraulique. Nous l'avons entendu exposer ici les moyens les plus propices à renforcer les digues de cette sorte et à prévenir leur dangereuse rupture. Cela remonte à deux mois à peine, et je crois entendre encore la parole de notre Confrère qui décelait la passion du chercheur sous une placidité de surface.

Ce fut la dernière Communication qu'il nous apporta, la dernière fois qu'il parut à nos séances. Nous ne devions plus le revoir. Au cimetière où nous l'avons accompagné, suivant le cortège de sa belle et très nombreuse famille, notre Confrère M. Séjourné a dépeint la noble et féconde carrière de celui qui fut son condisciple et son fervent ami; sa parole était émue, et il a terminé par cet hommage que je fais mien, que nous faisons nôtre, M. Rabut a enrichi le capital de la France!

J'adresse à Madame Rabut et à sa famille les condoléances de l'Académie.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 14 avril au lieu du lundi 13.

BACTÉRIOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur la pathogénie de la colibacillurie. Action d'un sérum thérapeutique anticolibacillaire.* Note de M. H. Vincent.

J'ai établi précédemment que l'élimination urinaire du *Bacillus coli communis* est précédée par une phase d'infection sanguine latente ou bruyante. Malgré la guérison de cette septicémie et l'immunité générale qui en est le corollaire, le bacille peut se maintenir pendant des mois et des années dans l'urine. J'ai donné l'explication de ce phénomène en montrant que la sensibilisatrice spécifique, très abondante dans le sang, ne passe qu'en faible quantité et pendant une courte période dans l'urine. Ainsi s'explique la persistance parfois prolongée de la colibacillurie (1).

Il est possible d'apporter à ces conclusions une vérification nouvelle.

J'ai préparé un sérum anticolibacillaire par l'inoculation au cheval, dans des conditions spéciales, du *B. coli* d'origine urinaire. Ce sérum a montré expérimentalement des effets préventifs et curatifs qui seront signalés ultérieurement.

Chez un malade âgé de 60 ans et, présentant, à la suite d'une entérite chronique, une pyélonéphrite suppurée à *B. coli* du rein gauche, vérifiée par le cathétérisme et accompagnée de fièvre et d'amaigrissement, on a injecté à quatre reprises 20^{cm^3} de ce nouveau sérum (2).

Sous l'influence de ce traitement, le malade s'est senti considérablement soulagé. La fièvre, les malaises généraux, les douleurs lombaires ont disparu. L'urine s'est éclaircie; mais elle renfermait toujours du *B. coli*. Ce bacille provenait-il encore du rein gauche ou bien, sous l'influence de la sérothérapie, avait-il quitté le rein guéri, pour continuer à se cultiver dans la vessie, à l'abri de l'action des anticorps?

C'est cette dernière interprétation qui a été vérifiée. En effet, le lavage de la vessie à l'azotate d'argent, institué par M. le Dr Maisonnet, a fait disparaître entièrement et définitivement le *Bacillus coli* de l'urine.

L'immunisation passive par le sérum anticolibacillaire a donc provoqué des effets thérapeutiques limités au seul appareil rénal. La sensibilisatrice apportée dans les lacis vasculaires des glomérules de Malpighi a exercé

---

(1) H. Vincent, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 239 et 407.

(2) Le cathétérisme des uretères, les injections de sérum et les lavages vésicaux ont été pratiqués par M. le Dr Maisonnet.

dans cette zone son action spécifique, protectrice et curative. Mais, la persistance du bacille dans la vessie montre que conformément à la loi que j'ai posée, l'anticorps n'était pas parvenu dans cette dernière cavité.

Ainsi se trouve confirmée la conclusion que j'ai fait connaître sur le mécanisme de la persistance de la colibacillurie.

A un autre point de vue, il n'est pas indifférent de noter que l'injection sous-cutanée d'un sérum spécifique peut amener la guérison d'une pyélonéphrite suppurée à colibacilles. C'est la première fois qu'un tel résultat est obtenu.

Peut-être l'introduction directe, dans le bassinet, d'un mélange de sérum anticolibacillaire et de sérum frais (alexique) du malade atteint de pyélonéphrite, aurait-elle un effet complémentaire favorable, associée à la pratique de l'injection sous-cutanée du même sérum spécifique.

OPTIQUE. — *Émission de lumière par des gaz solidifiés à la température de l'hélium liquide et origine du spectre auroral.* Note (1) de MM. **L. Vegard, H. Kamerlingh Onnes** et **W.-H. Keesom.**

Dans la présente Note, nous donnons les résultats que nous avons obtenus au laboratoire à Leyde avec l'assistance de M. T. Berge, et qui forment la suite des recherches présentées par l'un de nous dans des publications précédentes (2) sur la lumière émise par les gaz solidifiés.

Après une série d'expériences faites à la température de l'hydrogène liquide, nous avons depuis quelque temps examiné la luminescence de plusieurs gaz et de mélanges des gaz à la température de l'hélium liquide. Nous exposons aujourd'hui les expériences spéciales sur la lumière émise lorsque l'azote solide et des mélanges d'azote et de néon, à la température *de l'hélium liquide*, sont bombardés par des rayons cathodiques à grande vitesse.

De la lumière d'azote pur à la température de l'hélium liquide, nous avons obtenu plusieurs spectres à grande dispersion, montrant que la bande N_1 a essentiellement la même structure et la même position qu'à la température de l'hydrogène liquide. Nous avons aussi dans ce cas un maximum

---

(1) Séance du 30 mars 1925.

(2) L. Vegard, *Koninkl. Akad. van Wet. Amsterdam*, 27, 1924, nos 1-2; *Commun. from the Phys. Lab. of Leiden* n° 168 *d*, 1924; *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 941 et 1488; 178, 1923, p. 1153; 179, 1924, p. 35 et 151.

principal (5555) et deux maxima secondaires. Ce résultat s'accorde avec les expériences précédemment faites avec l'hydrogène liquide sous pression réduite ([1]) et montre que la bande N_1 *ne diminue pas en largeur par une réduction de la température*. La bande N_2 est forte, mais elle est maintenant divisée en deux composants (5236, 5222).

Abstraction faite des bandes N_1 et N_2, le trait le plus frappant du spectre est *une série régulière de bandes*. Chaque bande comprend une ligne double et une ombre vers le rouge, et à cet égard elles diffèrent des bandes émises par l'azote gazeux. Avec le spectrographe en verre employé nous avons obtenu 7 bandes sur la plaque, mais elles s'étendent sans doute dans l'ultraviolet. Les longueurs d'onde sont les suivantes :

	1re.	2e.	3e.	4e.	5e.	6e.	7e.
Fort......	5770	5490	5116	4784	4490	4223	3986
Faible....		5502	5127	4795	4499	4231	3994

Sans doute on a ici une forme de développement des mêmes bandes qui ont été déjà observées à la température de l'hydrogène liquide, et qui devenaient spécialement fortes avec des rayons canaux ([2]). Ces bandes, qui, à une température plus haute, sont très larges et diffuses, sont ainsi, *par abaissement de la température, concentrées en deux lignes fines avec une ombre vers le rouge*.

On a trouvé auparavant que dans l'argon contenant des traces d'azote et à la température de l'hydrogène liquide, les bandes sont aussi concentrées en deux lignes ([2]); mais ces lignes ont une autre position. Les deux bandes plus fortes, correspondant à la cinquième et la sixième bande de la table, ont les longueurs d'onde : (4523, 4473) et (4236, 4211).

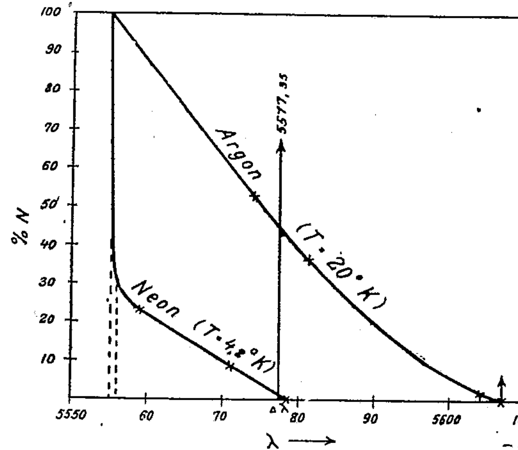
Dans une Note précédente, l'un de nous ([3]) a remarqué que ces deux bandes sans doute correspondent aux bandes observées par Lord Rayleigh dans la lumière diffuse nocturne, mais tant que la détermination des longueurs d'onde des bandes de Lord Rayleigh n'est pas plus exacte, on ne peut pas dire à quelle forme de concentration elles correspondent.

Dans la région des ondes longues, l'azote, à la température de l'hélium liquide, émet aussi trois ou quatre lignes faibles : (5914, 5952, 6399), (6417?), qui probablement correspondent à des lignes faibles dans le spectre auroral.

Les expériences avec le néon solidifié, qui contient des quantités variables

(1) L. Vegard, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 35.
(2) L. Vegard, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 36.
(3) *Loc. cit.*

d'azote, ont montré que la bande N_1 change d'une manière semblable à celle qui a été trouvée auparavant par l'un de nous pour des mélanges d'azote et d'argon (¹). En diminuant la proportion de l'azote, le maximum principal se déplace vers des ondes plus longues, tandis que les maxima secondaires disparaissent finalement. Ces traits sont communs pour des mélanges d'azote-néon et d'azote-argon; mais quant à la grandeur du déplacement et à la loi suivie, les deux mélanges montrent une différence typique et tout à fait intéressante, qui est illustrée par la figure.



Les courbes indiquent pour les deux mélanges la longueur d'onde du maximum principal en fonction de la proportion de l'azote. La variation de la position du maximum principal est causée, en partie par une action spécifique du gaz inactif, en partie par une diminution des particules d'azote.

Pour les mélanges de l'argon à la température de *l'hydrogène* liquide, les deux influences sont du même ordre de grandeur. L'action spécifique de l'argon se manifeste par le fait que même de petites proportions de l'argon, qui ne peuvent pas influer essentiellement la grandeur des particules d'azote, produisent un déplacement considérable du maximum principal.

Pour les mélanges de l'azote-néon, au contraire, l'influence spécifique du gaz inactif est, comme on le voit, très petite. Quand la proportion de néon augmente, la position du maximum principal reste presque constante, jusqu'à une proportion de 70 pour 100 de néon.

(¹) *Loc. cit.*

A cette proportion le maximum commence à se mouvoir rapidement à cause de la diminution des particules d'azote.

Donc, *conformément à l'interprétation du spectre auroral précédemment annoncée par un de nous, on voit que, lorsque la proportion de l'azote va vers zéro, la bande* N_1 *prend la forme d'une ligne ayant une longueur d'onde* 5578,6, *qui à peu près coïncide avec la ligne verte de l'aurore boréale. La petite différence* $\Delta\lambda = 1,2$ Å *s'expliquerait suivant cette interprétation par une petite influence spécifique de néon.*

Dans le néon contenant des traces d'azote, la bande N_2 est divisée en trois composantes (5229-5220-5203), dont la première est la plus forte. Quand la proportion de l'azote augmente, la bande N_2 prend la structure d'une ligne double. En outre les spectres montrent plusieurs lignes caractéristiques du néon.

M. **Dukinfield Henry Scott**, par l'organe de M. H. Lecomte, fait hommage à l'Académie de ses ouvrages : *An Introduction to structural Botany : I. Flowering Plants;* II. *Flowerless Plants*, 9[e] édition. — *Studies in fossil Botany :* I. *Pteridophyta;* II. *Spermophyta*, 3[e] édition. — *Extinct Plants and Problems of Evolution.*

M. **George Albert Boulenger**, par l'organe de M. L. Mangin, fait hommage à l'Académie de son ouvrage intitulé : *Roses d'Europe*, vol. I.

NOMINATIONS.

M. **A. Lacroix** est chargé de représenter l'Académie au troisième *Pan-Pacific Science Congress* qui se tiendra à Tokyo en 1926.

CORRESPONDANCE.

M. **Roland Thaxter**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Observations sur les limites, les faciès et les associations animales de l'étage intercotidal de la Petite Syrte (golfe de Gabès)*, par L.-G. Seurat. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° Albert Chatelet. *Les groupes abéliens finis et les modules de points entiers.*

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les invariants arithmétiques.* Note de M. **P.-J. Myrberg**, présentée par M. Émile Borel.

Soit

$$\varphi_n^{(p)} = \Sigma z_{\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_n} y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2} \ldots y_n^{\lambda_n} \tag{1}$$

une forme homogène générale d'ordre p des n variables $y_1, \ldots, y_n$ à coefficients arbitraires complexes. Soit (φ) la classe des formes arithmétiquement équivalentes à φ, c'est-à-dire de celles qui s'en déduisent par des substitutions linéaires

$$y'_i = \sum_{k=1}^{n} \alpha_{ik} y_k \qquad (i = 1, 2, \ldots, n) \tag{2}$$

avec des coefficients réels entiers dont le module est égal à 1. Nous allons démontrer ici l'existence de fonctions analytiques uniformes qui restent invariables quand on remplace la forme φ par une forme quelconque de la classe (φ). Ces fonctions seront appelées *invariants arithmétiques* de la forme (1).

Nous formons à cet effet la série

$$\sum_{y_1, \ldots, y_n = -\infty}^{+\infty} \left| \Sigma z_{\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_n} y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2} \ldots y_n^{\lambda_n} \right|^{-s}, \tag{3}$$

où les variables $y_1, \ldots, y_n$ prennent indépendamment l'une de l'autre tous les systèmes de valeurs entières qui ne disparaissent pas simultanément. Pour étudier la convergence de cette série, nous regardons dans l'espace des coordonnées (z) l'ensemble des hyperplans représentés par les équations

$$\Sigma z_{\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_n} y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2} \ldots y_n^{\lambda_n} = 0, \tag{4}$$

où les quantités $y_1, \ldots, y_n$ prennent tous les systèmes de quantités réelles différentes de zéro. Ces hyperplans sont des hyperplans osculateurs par la multiplicité algébrique invariante

$$(5) \qquad z_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n} = (\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n)\, x_1^{\lambda_1} x_2^{\lambda_2}\ldots x_n^{\lambda_n} \qquad (\lambda_1+\lambda_2+\ldots+\lambda_n = p),$$

où $(\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n)$ désigne le coefficient de $x_1^{\lambda_1}x_2^{\lambda_2}x_n^{\lambda_n}$ dans le développement de $(x_1+x_2+\ldots+x_n)^p$. Supposons que l'ordre p de la forme (1) soit un nombre pair dès que $n > 2$. Il existe alors dans l'espace (z) des points qui n'appartiennent à aucun des hyperplans (4) et qui constituent un ou plusieurs domaines distincts. Désignons leur ensemble par $B(\varphi)$.

Soit maintenant U un domaine fermé quelconque, dont tous les points sont intérieurs de $B(\varphi)$. On peut supposer sans restriction, qu'un au moins des coefficients de φ, soit $z_{\lambda'_1\lambda'_2\ldots\lambda'_n}$, reste dans le domaine U toujours différent de zéro. Posons $z_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n} : z_{\lambda'_1\lambda'_2\ldots\lambda'_n} = x_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n}$. On aura alors pour la distance euclidienne du point (x) à l'hyperplan (4) l'expression

$$(6) \qquad \Delta = \left| \Sigma' x_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n} y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2}\ldots y_n^{\lambda_n} + y_1^{\lambda'_1} y_2^{\lambda'_2}\ldots y_n^{\lambda'_n} \right| = \sqrt{\Sigma' | y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2}\ldots y_n^{\lambda_n} |^2}.$$

En vertu de cette formule on obtient, dans le domaine M, l'inégalité

$$(7) \qquad | \Sigma z_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n} y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2}\ldots y_n^{\lambda_n} |^s \geqq \Delta_0^s\, z^s_{\lambda'_1\lambda'_2\ldots\lambda'_n} \{ \Sigma' | y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2}\ldots y_n^{\lambda_n} |^2 \}^{\frac{s}{2}},$$

en désignant par Δ_0 la plus courte distance entre le domaine u et les points de la frontière de l'ensemble $B(\varphi)$.

Supposons maintenant que le terme $y_1^{\lambda'_1} y_2^{\lambda'_2}\ldots y_n^{\lambda'_n}$ ne soit pas de la forme y_ν^p, ce qu'on pourra toujours atteindre en remplaçant la forme (1) par une forme arithmétiquement équivalente convenable. On aura alors

$$(8) \qquad \Sigma' | y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2}\ldots y_n^{\lambda_n} |^2 \geqq \sum_{k=1}^{n} y_k^{2p}.$$

Mais la série

$$\sum_{y_1,\ldots,y_n=-\infty}^{+\infty} (y_1^{2p}+y_2^{2p}+\ldots+y_n^{2p})^{-\frac{s}{2}}$$

est convergente pour $s > \frac{m}{p}$. Il s'ensuit, à cause de (7) et de (8), que la série (3) doit être uniformément et absolument convergente dans le domaine u pour les mêmes valeurs de s. La série en question définit donc, dans chaque partie connexe de $B(\varphi)$, une fonction analytique $f(z)$.

Soit $I(z')$ la fonction analogue qui correspond à la forme l' arithméti-

quement équivalente à l. On a évidemment $I(z') = I(z)$, car les formes φ et φ' prennent les mêmes systèmes de valeur pour des valeurs entières des variables y et y' qui soient liées entre elles par les relations (2). Les fonctions $I(z)$ sont donc des invariants arithmétiques de la forme (1). Elles sont régulières partout dans l'ensemble $B(\varphi)$. Cet ensemble comprend entre autres tous les points qui correspondent aux formes (1) réelles définies. Les points de la frontière de $B(\varphi)$ sont au contraire des singularités essentielles pour les fonctions $I(z)$. Parmi ces points se trouvent ceux dont la forme correspondante (1) est réelle et indéfinie.

Examinons quelques cas particuliers.

Pour les formes binaires ($n = 2$) les équations (5) définissent une courbe rationnelle. Les hyperplans réels osculateurs (4) de cette courbe constituent une multiplicité algébrique à $2p - 1$ dimensions, divisant l'espace total en $p + 1$ domaines distincts.

Chaque série (3) représente donc, pour $s > \frac{2}{p}$, simultanément $p + 1$ fonctions analytiques, ayant le domaine correspondant comme domaine d'existence. Les séries en question se réduisent pour $n = 2$ à la célèbre série de Dirichlet

$$\sum_{y_1, y_2 = -\infty}^{+\infty} (z_0 y_1^2 + z_1 y_1 z_2 + z_2 y_2^2)^{-s},$$

qui joue un rôle important dans diverses questions d'arithmétique.

Regardons ensuite le cas $p = 2$ ($n > 2$) des formes quadratiques. Les équations (5) définissent alors une multiplicité algébrique d'ordre 2^{n-1}, qui pour $n = 3$ se réduit à la surface connue de Véronèse. Les hyperplans réels (4) limitent dans ce cas un domaine d'un seul tenant et chaque série (3) représente donc pour $s > \frac{n}{2}$ une seule fonction analytique.

GÉOMÉTRIE. — *Sur deux déformations complémentaires de l'espace à connexion affine général* (1). Note de M. **H. Eyraud**, présentée par M. J. Hadamard.

Nous nous proposons de définir deux déformations qui généralisent les déformations projective et conforme; nous les appelons respectivement

(1) Cartan, *Sur les variétés à connexion affine et la théorie de la relativité généralisée* (*Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 3e série, 40, 1923, p. 325).

axiale et axonométrique et nous voulons démontrer le théorème suivant :

Toute déformation de l'espace résulte d'une déformation axiale suivie d'une déformation axonométrique de même orientation.

a. Les géodésiques d'un espace à connexion affine sont déterminées par les équations

$$(1) \qquad \frac{d^2x^i}{dt^2} + \Gamma^i_{pr}\frac{dx^p}{dt}\frac{dx^r}{dt} = \lambda\frac{dx^i}{dt};$$

elles sont indépendantes de la torsion ([1]); elles restent encore inchangées si l'on donne aux composantes Γ^i_{pr} de la connexion affine une variation de la forme

$$(2) \qquad \delta\Gamma^i_{pr} = \varepsilon^i_p\varphi_r + \varepsilon^i_r\varphi_p \qquad (\varepsilon^i_p = 0 \text{ si } p \neq i,\ \varepsilon^i_p = 1 \text{ si } p = i).$$

Par une déformation non projective, la géodésique qui passe en un point P avec une direction déterminée ξ^i se trouve déformée; si la géodésique déformée est osculatrice en P à la géodésique initiale, nous dirons que la direction ξ^i est direction d'osculation relativement à la déformation. Choisissons le paramètre t de l'équation (1) de manière que la fonction λ de t disparaisse du second membre; nous pourrons ensuite, tout en conservant le paramètre ainsi déterminé, faire en sorte que les seconds membres des équations (1) relatives à la géodésique déformée se réduisent à zéro, en annexant à la déformation considérée une déformation projective convenable de la forme (2). La condition pour que ξ^i soit direction d'osculation est

$$(3) \qquad (\delta\Gamma^i_{pr})\,\xi^p\xi^r = 0.$$

Les n zones du second degré qui figurent dans ces équations (3) n'ont pas en général de direction commune. Mais on peut toujours choisir la déformation de manière qu'il y ait, en chaque point, q directions d'osculation données. A partir de $q = \frac{1}{2}n(n+1)$ toutes les directions deviennent directions d'osculation et l'on retombe sur la transformation projective.

Nous dirons que l'espace est soumis à une déformation axiale relativement au réseau de courbes coordonnées si les directions coordonnées sont n directions d'osculation. Il faut et il suffit pour cela que les variations $\delta\Gamma^r_{ik}$ vérifient $n(n-1)$ conditions :

$$(4) \qquad \delta\Gamma^i_{pp} = 0 \qquad (\text{pour } p \neq i).$$

([1]) Cartan, *loc. cit.*, p. 368.

On peut remarquer que si une courbe du réseau est géodésique, elle est indéformée.

b. Nous dirons qu'un espace est axonométrique si l'on peut y définir un champ de quadriques g_{ik} jouissant de la propriété suivante : si l'on transporte parallèlement suivant P′P la quadrique du champ placé en P′ infiniment voisin du point P, et qu'on recommence cette opération pour tous les points P′, on obtient en P une famille de quadriques coaxiales; le point P est un point arbitraire de l'espace. Si les quadriques coaxiales sont de plus homothétiques, on est dans un espace de Weyl; si elles sont égales, on est dans un espace de Riemann (ou s'il y a torsion, dans des espaces isométriques des espaces de Weyl et de Riemann).

Caractérisons l'espace axonométrique dont les directions d'axes sont les directions coordonnées. Posons d'une façon générale

$$\frac{\partial g_{ik}}{\partial x^r} - g_{ip}\Gamma^p_{kr} - g_{pk}\Gamma^p_{ir} = -S_{r,ik}. \tag{5}$$

le tenseur $S_{r,ik}$ définit la métrique au sens d'Eddington, c'est-à-dire le transport parallèle infinitésimal des quadriques du champ g_{ik}.

Dans le cas actuel on a les conditions suivantes, nécessaires et suffisantes :

$$(6)\quad \begin{matrix} g_{ik} = 0, \\ g_{ii} \neq 0, \end{matrix} \qquad (7)\quad \begin{matrix} S_{r,ik} = 0, \quad (\text{pour } i \neq k), \\ S_{r,ii} \text{ quelconque.} \end{matrix}$$

Nous appellerons déformation axonométrique relativement au réseau donné et au champ de quadriques g_{ik}, toute variation de la connexion affine qui modifie seulement les n^2 composantes $S_{r,ii}$ du tenseur $S_{r,ik}$, les autres composantes restant inchangées.

Soient maintenant $s_{r,ik}$ et γ^r_{ik} les variations de $S_{r,ik}$ et Γ^r_{ik}; $s_{r,ik}$ est symétrique dans les indices i, k, et l'on peut supposer qu'il en est demême de γ^r_{ik}, quitte à annexer à cette déformation une déformation isométrique convenable. On a en vertu de (5) les relations équivalentes :

$$\gamma_{kr,i} + \gamma_{ir,k} = s_{r,ik}, \tag{7 bis}$$

$$\gamma_{ik,r} = \frac{1}{2}(s_{i,kr} + s_{k,ir} - s_{r,ik}), \tag{8}$$

les conditions (4) relativement à la déformation axiale peuvent s'écrire, d'après (8) et (6),

$$s_{p,pr} - \frac{1}{2} s_{r,pp} = 0 \quad \text{pour} \quad p \neq r, \tag{9}$$

il est alors clair qu'une déformation quelconque peut s'obtenir en effectuant successivement une déformation axiale et une déformation axonométrique. Il y a un arbitraire; une variation des $S_{i,ii}$ seuls constitue une déformation qui est à la fois axiale et axonométrique, on peut donc annexer une telle déformation à la déformation axiale et annexer la déformation opposée à la déformation axonométrique.

Remarque. — Les déformations axiales et axonométriques à la fois forment un sous-groupe des deux groupes de déformations précédemment définies, relativement à un réseau et à un champ de quadriques. Si l'on applique une telle déformation à un espace sans torsion admettant les directions coordonnées pour directions stables, elle conserve à l'espace ce caractère géométrique, et si on la choisit convenablement, elle permet de transformer cet espace en un espace euclidien.

ANALYSE MATHÉMATIQUE — *Sur l'intégration des équations différentielles avec des conditions initiales générales comprenant celles de Cauchy.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

1. *Position du problème. Principe de la méthode.* — Les célèbres travaux de M. E. Picard ([1]) sur les équations du second ordre, dont les inconnues prennent des valeurs données en deux points, conduisent naturellement à poser ce problème général (dont celui de Cauchy est un cas très particulier): *Étant donné un système quelconque* (E) *de m équations différentielles ramenées au premier ordre, en chercher des solutions* $y_i(x)$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$ *dont les valeurs* y_i^ν *en p points* x_ν $(\nu = 1, \ldots, p)$ *satisfassent à m équations de conditions arbitraires*, qu'on peut toujours écrire $f_i = C_i$ (les C_i étant m constantes).

Considérons donc le système normal (E) ci-après, où λ est un paramètre, et les conditions très larges (f) dans lesquelles chaque f_i ne contient que les valeurs prises par $y_1, \ldots, y_m$ (ou par certaines de ces fonctions) en *un seul* des points x_ν; ce point relatif à f_i peut d'ailleurs toujours être désigné par x_i, étant entendu (puisque ici forcément $p \leqq m$) que, si $p < m$, certains de ces points x_i ne sont pas distincts

$$\text{(E)} \qquad \frac{dy_i}{dx} + \lambda K_i(x\, y_1\, y_2 \ldots\, y_m) = 0,$$

$$(f) \qquad f_i(y_1^i\, y_2^i \ldots y_m^i) C_i \qquad (i = 1, \ldots, m).$$

([1]) *Traité d'Analyse*, 3, 1894, p. 94, et *Journal de Mathématiques*, 4e série, 6, 1890, p. 145; 9, 1893, p. 273.

Supposons que les fonctions données $K_i(x, y_1, \ldots, y_m)$ et $f_i(y_1, \ldots, y_m)$ soient holomorphes et aient M pour maximum de leurs modules lorsque les variables $x, y_1, \ldots, y_m$ ne sortent pas des domaines $D, D_1, \ldots, D_m$. Soit alors $\varphi_i(x, y_1, \ldots, y_m)$ une solution particulière de l'équation aux dérivées partielles (φ) équivalente au système (E), φ_i se réduisant à $f_i(y_1, \ldots, y_m)$ pour $x = x_i$. Si dans une région θ de D comprenant les points x_i, les m équations $\varphi_i = C_i$ définissent m fonctions implicites $y_i(x)$, celles-ci seront bien des solutions de (E) vérifiant les conditions (f).

2. *Détermination de φ_i.* — Prenons pour abréger, $m = 2$. Conformément à une remarque antérieure (¹), on obtiendra φ_i en effectuant une intégration de x_i à x sur les deux membres de l'équation (φ). D'où en faisant successivement $i = 1$ et $i = 2$, les équations intégro-différentielles

$$\varphi_i(xy_1y_2) - f_i(y_1y_2) = \lambda \int_{x_i}^{x} \sum_{\mu=1}^{\mu=2} K_\mu(ty_1y_2) \frac{\partial \varphi_i(ty_1y_2)}{\partial y_\mu} dt \qquad (i = 1, 2).$$

Par conséquent, d'après ce que nous avons vu (²), la solution φ_i de l'une ou l'autre de ces équations peut être représentée par un développement « synthétique » de la forme $f_i(y_1y_2) + \lambda S_i(xy_1y_2x_i\lambda)$, où S_i est une série entière en λ, nulle ainsi que $\frac{\partial S_i}{\partial y_\mu}$ pour $x = x_i$ et uniformément convergente lorsque, y_i restant dans un domaine $D_i(\delta)$ (intérieur à D_i) dont aucun point y_i n'approche de la frontière de D_i à une distance $d_i(y_i)$ plus petite qu'une constante arbitraire δ, x demeure dans D et à une distance de x_i inférieure à $\frac{\delta}{M}$; soit Δ le domaine défini pour x par cette condition; φ_i est alors une fonction holomorphe des variables x et y_i et visiblement aussi des paramètres x_i et λ. Nous supposerons les points x_i dans Δ, autrement dit tels qu'on ait

$$|x_i - x_j| < \frac{\delta}{M} \qquad (i \neq j),$$

δ admettant d'ailleurs un maximum imposé par la forme des domaines D_i. Cela posé, les solutions $y_i(x)$ sont définies comme fonctions implicites par les m équations $F_i = 0$, en appelant $F_i(xy_1y_2\lambda x_i)$ l'expression

$$\varphi_i - C_i \quad \text{ou} \quad f_i(y_1y_2) + \lambda S_i(xy_1y_2x_i\lambda) - C_i.$$

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 727.
(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 571.

3. *Conditions d'existence.* — Si l'on sait qu'il y a dans Δ un point x_0 où, pour une valeur λ_0 du paramètre λ, les équations $F_i = 0$ ont un système de solutions y_1^0, y_2^0 avec un jacobien J_0 ou $\left\| \frac{\partial F_i}{\partial y_\nu^0} \right\|_{1 \leqq \nu \leqq m}^{1 \leqq i \leqq m}$ non nul, cela suffit (en vertu du théorème classique d'existence des fonctions implicites) pour être assuré qu'il existe dans Δ (autour de x_0) un certain domaine θ dans lequel les équations $F_i = 0$ définissent effectivement un système de fonctions holomorphes $y_i(x)$, et un seul, si λ a une valeur suffisamment voisine de λ_0. Nous allons indiquer des cas très étendus, où ces conditions suffisantes sont vérifiées.

4. Premier théorème d'existence. — *Supposons que les équations $f_i = C$ aient un système de racines communes Y_i^0 et que le jacobien correspondant de ces fonctions f_i soit $\neq 0$ (double hypothèse A).*

Dans cette double hypothèse, si les points x_i sont suffisamment rapprochés les uns des autres, le système différentiel (E) possède un système (et un seul) de solutions $y_i(x)$ satisfaisant aux conditions (f) et holomorphes dans un certain domaine θ (comprenant les x_i).

En effet, δ étant choisi assez petit pour que chaque point Y_i^0 appartienne à $D_i(\delta)$[d'où $\delta < d_i(Y_i^0)$], soit x_0 un point quelconque du domaine Δ correspondant. Remplaçons momentanément dans les équations $F_i = 0$ les paramètres x_i par des variables indépendantes ξ_i. Si celles-ci prennent toutes, ainsi que x, la valeur x_0, les équations $F_i = 0$ se réduisent (quel que soit d'ailleurs x_0) à $f_i - C_i = 0$. Donc elles définissent d'une manière unique [par suite de la double hypothèse (A) et en vertu du théorème sur les fonction implicites] m fonctions holomorphes y_i quand x et les ξ_i restent autour de x_0 dans un domaine certain $\theta(x_0, \delta)$ qu'on sait déterminer. On s'efforcera de choisir x_0 et δ de façon que les points x_i soient dans ce domaine $\theta(x_0, \delta)$, *ce qui sera toujours possible si les points x_i sont suffisamment voisins.* Dans ce cas $\theta(x_0, \delta)$ sera bien le domaine θ cherché. C. Q. F. D.

Nota. — On pourrait aussi démontrer cette proposition en partant du théorème classique de Cauchy et des développements tayloriens des $y_i(x)$.

5. Second théorème d'existence. — Dans la double hypothèse (A), on aura de même un théorème analogue, si l'on suppose non plus les points x_i voisins les uns des autres, mais λ suffisamment petit, x étant en un point quelconque à l'intérieur de Δ. Cela résulte immédiatement de ce que, pour $\lambda = 0$, les équations $F_i = 0$ se réduisent encore à $f_i - C_i = 0$.

L'existence étant démontrée, on peut dans des cas étendus exprimer explicitement les solutions demandées $y_1(x)$, $y_2(x)$, et plus généralement une

fonction (holomorphe) quelconque de ces solutions, au moyen d'une intégrale double, ou même encore au moyen de la formule de Lagrange-Laplace, si $f_i \equiv y_i$.

ASTRONOMIE. — *Observations des comètes Schain* (1925*a*) *et Reid* (1925*b*) *faites à l'Observatoire de Marseille* (*Équatorial d'Eichens*, 0m,26 *d'ouverture*). Note de Mlle **O. Jasse**, présentée par M. Bigourdan.

Dates 1925.	T. C. de Marseille.	ΔR.	ΔD.	R apparente.	Log. f.p.	D. app.	Log. f.p.	★.
	h m s	m s	′ ″	h m s		° ′ ″		
a. Mars... 29	22.17.43	+1.26,38	+5.22,8	11.37.5,24	$8,986_n$	+ 2.12.47,5	0,760	1
b. » ... 29	0.13.28	+1.50,15	+0.54,7	13.26.3,68	$8,989_n$	−21.19.45,4	0,896	2
b. » ... 30	23.37.59	+1.24,39	+4.10,1	13.24.4,60	$9,169_n$	−21.50.26,6	0,894	3

Étoiles de comparaison.

★.	Gr.	R 1925,0.	Réduction au jour.	D 1925,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1...	9,5	11.35.37,75	+1,11	+ 2. 7.32,6	−7,9	Alb. 4324
2...	8,7	13.24.12,17	+1,36	−21.20.36,6	−3,5	CiZ. 2356
3...	8	13.22.38,82	+1,39	−21.54.32,9	−3,8	CiZ. 2352

Remarques. — *a.* La comète Schain est une nébulosité de 2′ d'étendue, présentant une condensation de grandeur 11,5.

b. La comète Reid, de grandeur 9,5, présente une forte condensation entourée d'une nébulosité de 3′ d'étendue.

ASTRONOMIE. — *Observations des comètes Schain* (1925, *a*) *et Reid* (1925, *b*), *faites à l'Observatoire de Besançon, avec l'équatorial coudé.* Note de M. **P. Chofardet**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1925.	Temps moyen de Besançon.	ΔR.	ΔP.	Nombre de compar.	Asc. droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	★.
				Comète Schain (1925, *a*).					
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mars 30...	23.45.56	+0.52,63	+ 2.42,1	9: 6	11.35.12,41	8,863	87.42.17,6	$0,794_n$	1
» 31...	23.46.14	−0.54,02	− 1.58,9	9: 6	11.33.25,76	8,921	87.37.36,6	$0,793_n$	1
Avril 2..	2.28.47	−2. 2,41	− 6.27,8	9:12	11.31.27,90	9,513	87.32.31,0	$0,800_n$	2
				Comète Reid (1925, *b*).					
Mars 31...	0.45.10	+1.21,52	− 3.27,0	9: 6	13.24. 1,73	$8,119_n$	111.51. 9,7	$0,916_n$	3
Avril 1..	0.19.40	−1.10,28	+ 5.43,4	9: 6	13.22.59,23	$8,720_n$	112. 6.27,2	$0,915_n$	4
» 2...	2. 2.27	+0.10,55	+ 4.57,7	9: 6	13.21.49,18	9,172	112.23.15,5	$0,910_n$	5

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

⋆.	Gr.	Æ 1925,0.	Réduction au jour.	P. 1925,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1	9,1	11.34.18,67	+ 1,11	87.39.27,6	+ 7,9	A.G. Albany, 4320.
2	8,9	11.33.29,21	+ 1,10	87.38.50,9	+ 7,9	A.G. Albany, 4315.
3	8	13.22.38,82	+ 1,39	111.54.32,9	+ 3,8	Cincinnati, 2352.
4	7,2	13.24. 8,11	+ 1,40	112. 0.39,9	+ 3,9	Cincinnati, 2355.
5	9,4	13.21.37,21	+ 1,42	112.18.13,7	+ 4,1	Cordoba A, 9901.

Remarques. — Dans la nuit du 30 au 31 mars, le ciel est remarquablement beau; il l'est moins au cours des deux nuits qui suivent.

Comète Schain (1925 *a*). — Le 30 mars, la comète, estimée de 11ᵉ grandeur, se présente comme une nébulosité ronde, de 40″ de diamètre, avec condensation à peu près centrale. Absence de queue.

Comète Reid (1925 *b*). — Le 31 mars, cette comète est belle; elle nous apparaît de 8ᵉ grandeur, avec un noyau rond, large d'environ 8″, émergent nettement au centre d'une chevelure légère, s'estompant sur 3′ de diamètre; par moments, une queue, très vague, semble se dessiner vers le Nord-Ouest.

ASTRONOMIE COSMOGONIQUE. — *Trajectoire du protosoleil dans la nébuleuse primitive et origine des comètes.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

La trajectoire du protosoleil dans la nébuleuse primitive (hypothèse de la Cosmogonie dualiste), assez semblable à celle des bolides dans l'atmosphère, pose un problème beaucoup plus compliqué que celui qu'on étudie dans les traités de balistique [1].

Soit S (*fig.* 1) le protosoleil de masse m pénétrant en O dans la nébuleuse N avec une vitesse W de l'ordre de 1000 à 2000^{km} dans la direction OA; V, vitesse de la nébuleuse de l'ordre de 50^{km} dans la direction AA′. Prenons pour plan de la figure celui des vitesses W, V. La construction des vitesses relatives V_r de la nébuleuse rencontrant S montre que le choc nébuleux n'a pas lieu en général dans la direction V_t des tangentes à la trajectoire T. Celle-ci tangente au départ à OA sera convexe vers OA avec une asymptote AA′ parallèle à V à distance finie comme dans la trajectoire des bolides. Si α et β (*fig.* 2) sont les angles de V_t avec V_r et S_1x, on aura,

---

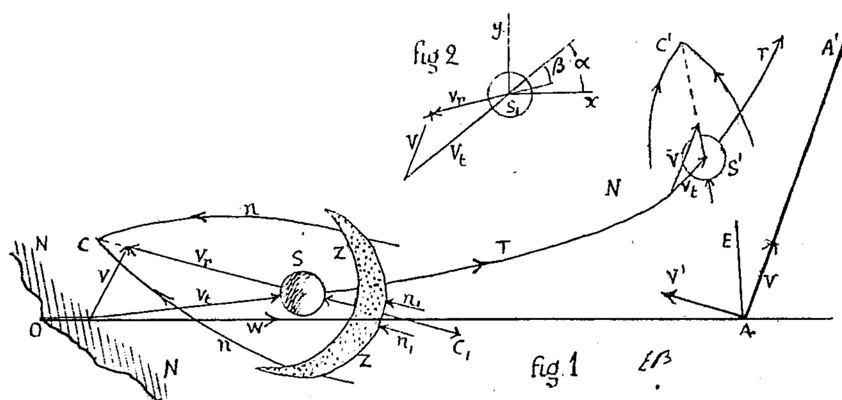
(1) *Traité de Balistique extérieure* du Commandant Charbonnier, p. 180-185.

en admettant une résistance proportionnelle au carré de V_r :

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -cV_r^2\cos(\alpha-\beta), \qquad m\frac{d^2y}{dt^2} = -cV_r^2\sin(\alpha-\beta),$$

V_r est d'ailleurs fonction de V_t, V et β.

Le coefficient balistiqus c est proportionnel à l'indice de forme i du projectile cosmique qui, étant très aplati, varie tout le long de la trajectoire; à



la densité Δ de la nébuleuse qui doit augmenter avec la distance à son bord O; à la masse par unité de section du protosoleil.

Or la masse m de S captera tout le long de sa trajectoire des masses nébuleuses et augmentera constamment à partir de sa masse m_1 en O.

J'ai pu évaluer par la loi des rotations à $\frac{1}{11}$ l'augmentation de masse du protosoleil dans son parcours à travers la nébuleuse.

En dehors des indications données plus haut sur la forme générale de la trajectoire, la solution analytique du problème posé semble donc inabordable en raison des multiples variables qu'il comporte.

Mais des conséquences intéressantes peuvent être tirées de ce qui précède. J'ai montré (*Essai de cosmogonie*, p. 197, et *Origine dualiste des Mondes*, p. 113) comment en arrière de la trajectoire d'un projectile cosmique, les masses nébuleuses n se concentrent par des trajectoires concourantes déterminant des points coniques tels que C situés sur la direction V_r de la vitesse relative de la nébuleuse par rapport à S. En général, malgré le choc en C les masses n conserveraient une vitesse hyperbolique par rapport à S en raison de la grande vitesse W.

Mais le protosoleil, comme dans le choc d'une Nova, émet une puissante

radiation qui va repousser en avant de sa trajectoire une zone Z de molécules légères. Seules les molécules assez grosses et assez denses pourront traverser cette zone Z dont la résistance de milieu diminuera leur vitesse. Après concentration en C les masses n pourront donc n'avoir que des vitesses au plus paraboliques par rapport à S sur des orbites très allongées dans la direction SC.

Mais ce n'est pas tout, le choc sur la nébuleuse donne au protosoleil une pulsation qui rend périodiques le renflement de son équateur et l'émission de sa radiation, ainsi qu'on le constate au début des Novæ. Cette périodicité aura sa répercussion dans l'énergie centrifuge des molécules Z et par suite dans la densité des masses C. Ainsi il y aura le long de SC des nœuds de condensation qui formeront des noyaux cométaires appartenant à la même famille de comètes. Or la direction SC de V_r en raison de la courbure de la trajectoire et de la diminution de V_t varie tout le long de la trajectoire T (ainsi de SC en S′C′) en sorte que les orbites des masses C auront des axes dirigés en tous sens autour de S. La vitesse W faisant avec le plan de l'écliptique un angle de 62°, les inclinaisons des orbites C pourront être considérables.

Ainsi les masses considérées en C auront toutes les caractéristiques des comètes : grand nombre de noyaux assez denses, de peu de masse, ayant condensé des gaz ou matières légères en traversant la zone Z, et dont les orbites très allongées auront de fortes inclinaisons sur l'écliptique.

La zone Z doit avoir une section en forme de croissant : car c'est en avant de V_r que le choc nébuleux et la force répulsive sont maxima tandis qu'ils décroissent dans la direction perpendiculaire à V_r. Les masses n_1 arrivant dans la direction de V_r recevront donc la plus forte impulsion centrifuge capable de rendre nulle ou très faible la vitesse relative par rapport à S de certaines masses légères qui pourront ainsi former des noyaux cométaires dans la direction C_1.

Dans le système solaire l'angle de V avec W a été aigu en sorte que le plan des deux vitesses a coupé l'écliptique primitive suivant une ligne AE : il y a donc eu des orbites cométaires avec axes couchés dans l'écliptique, ce qui a facilité les perturbations par les planètes : et l'on sait que les comètes à faible inclinaison d'orbite sont presque en totalité de sens direct avec faible latitude de leur périhélie. Le catalogue d'Holetchek montre que sur 355 comètes il y a jusqu'à 30° de latitude du périhélie 65 comètes directes et aucune rétrograde.

Dans quelques nébuleuses planétaires comme N.G.C. 7009 du Verseau, on

voit les masses nébuleuses en forme de croissant dans une direction normale à l'équateur. Leur formation s'explique aussi par la théorie précédente.

Dans le système solaire, c'est seulement dans la partie de la trajectoire T voisine de OA et jusqu'à une distance de O d'environ 90 u. a. que la vitesse V_r et par suite la pulsation ont été assez fortes pour produire l'émission des nappes planétaires, d'où il résulte que le nombre de planètes a été limité. Au contraire, c'est tout le long de la trajectoire T par points coniques sur chaque axe SC que se sont produits les noyaux cométaires, ce qui explique le grand nombre de comètes évalué par Crommelin à plus de 100000.

MÉCANIQUE. — *Entretien électrique d'oscillations pendulaires sans contact matériel.* Note [1] de MM. **Jean Villey** et **Pierre Vernotte**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'entretien des oscillations pendulaires suppose l'intervention de forces rythmées sur les oscillations du pendule lui-même, avec une distribution telle qu'elles produisent un travail positif équivalent à l'énergie consommée par les frottements.

En général ces forces sont des attractions d'électro-aimants que le pendule commande en fermant, en certains points de son parcours, des contacts électriques matériels. MM. Dunoyer et Toulon ont récemment indiqué un dispositif [2] qui permet de commander à distance, sans contact matériel, par influence électrostatique un arc au mercure alimentant un électro-aimant chargé de l'entretien.

Il est possible de supprimer, non seulement tout contact matériel, mais aussi tout dispositif accessoire de déclenchement, et d'obtenir l'entretien par des attractions électrostatiques entre le pendule et ses supports fixes, réglées par la seule configuration géométrique du système.

Les deux conducteurs, solidaires du pendule et du support, entre lesquels s'exercent les attractions électriques, constituent un condensateur déformable. On voit alors immédiatement un procédé pour rythmer de façon très accentuée les efforts sur les oscillations elles-mêmes : il suffit de créer la différence de potentiel efficace V entre les deux armatures par des oscillations électriques, le circuit étant réglé pour que les configurations réalisées

---

(1) Séance du 30 mars 1925.

(2) *Journ. de Phys.*, 5, 1924, p. 298.

par le pendule dans sa course soient dans le voisinage de la résonance optimum avec les excitations d'un circuit primaire utilisé comme source.

Le couple exercé par ces attractions électriques est de la forme kV^2, k étant un coefficient purement géométrique que l'on sait égal, à un facteur constant près, à $\frac{dC}{d\alpha}$. Cela donne pour expression du travail total

$$\int V^2 \frac{dC}{d\alpha} d\alpha = \int V^2 dC,$$

c'est-à-dire l'aire de la courbe qui représente le carré V^2 de la différence du potentiel efficace entre les deux armatures, en fonction de la capacité C qu'elles constituent. Dans une période complète du pendule, le point figuratif (V^2, C) revient à sa position initiale; l'entretien exige que la courbe fermée qu'il a ainsi décrite entoure une aire non nulle (équivalente au travail des frottements) et soit parcourue dans le sens de circulation pour lequel $\int V^2 dC$ est positif.

Si V^2 est une fonction uniforme de la capacité actuelle C, la courbe fermée visée ci-dessus s'aplatit suivant un arc de courbe parcouru aller et retour : son aire est donc nulle, et aucun entretien n'est possible. L'entretien exige que, pour une même configuration, V^2 soit plus grand lorsque le pendule la traverse dans le sens des capacités croissantes que lorsqu'il la traverse dans le sens opposé.

Ce résultat pourrait être atteint, même sans aucune réaction sensible du circuit secondaire sur la source qui excite le circuit primaire, en mettant à profit la persistance des oscillations électriques dans les circuits à faible amortissement. Si la capacité du pendule dans son balancement est supérieure à la capacité de résonance maximum, les valeurs croissantes de C, réalisées statiquement, donnent des V^2 décroissants. Lorsque le pendule parcourt dynamiquement ces mêmes configurations, dans le sens des C croissants, il pourra lui rester à chaque instant, du fait de l'état d'oscillation antérieur plus intense, une différence de potentiel efficace plus grande que la valeur correspondant à sa configuration actuelle réalisée statiquement. Dans le sens inverse, au contraire, cette valeur *normale* ne sera pas dépassée.

En fait, pour obtenir des effets appréciables dans cette voie, il faudrait utiliser des oscillations à très longue période pour que le pendule subisse des déplacements sensibles pendant la durée de leur amortissement propre. Cela exigerait de réaliser, entre le pendule et ses supports fixes, des capacités considérables.

On peut, par contre, obtenir très facilement des résultats notables, en mettant à profit les réactions du circuit sur la source qui entretient les oscillations électriques. Ces réactions sont très importantes lorsque la

source est une lampe triode, et deviennent particulièrement intenses lorsque le circuit secondaire, couplé très serré avec le circuit primaire, se déforme au voisinage de la résonance. On peut alors facilement réaliser des réglages comportant l'accrochage et le décrochage des oscillations dans le champ de balancement du pendule.

La courbe de V^2 en fonction de C n'est plus alors une simple courbe de résonance; elle définit un phénomène global plus complexe, dû à la superposition de la résonance et de la réaction sur la lampe-source.

Elle présente le caractère suivant (qui semble d'ailleurs tout à fait général quel que soit le paramètre par lequel on provoque le décrochage) : les oscillations se maintiennent, lorsqu'elles sont accordées, jusqu'à une valeur de la capacité qui est retraversée au retour avant que se produise le réaccrochage. On aura donc, dans le diagramme (V^2, C) une aire non nulle comprise entre l'axe OC, les deux perpendiculaires à cet axe qui représentent les capacités différentes d'accrochage et de décrochage, et la courbe des valeurs normales de V^2 en fonction de C. Pour que cette aire soit positive, il suffit que le décrochage se produise du côté des valeurs les plus grandes de la capacité du pendule.

On observe très facilement ce phénomène d'entretien permanent en prenant comme pendule l'équipage de torsion d'un voltmètre électrostatique industriel, dont on supprime le freinage d'apériodicité. On lui ajoute, s'il est besoin, en parallèle, un condensateur auxiliaire réglable, et l'on relie l'une à l'autre les deux armatures par une self constituant le circuit secondaire. On aura soin de ne pas laisser interposée en série la résistance très élevée qui est souvent utilisée, comme dispositif de sécurité, dans ces appareils.

PHYSIQUE DES RADIATIONS. — *Les phénomènes de surface dans les éléments photovoltaïques à liquide fluorescent.* Note de M. A. GRUMBACH, présentée par M. Cotton.

J'ai déjà signalé dans les éléments photovoltaïques à liquide absorbant ou fluorescent, l'existence d'une force électromotrice distincte de l'effet Becquerel et j'ai montré qu'elle était due à une modification de la surface de l'électrode qui adsorbe les molécules dissoutes transformées par la lumière (1).

(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 395.

J'apporte à cette interprétation l'appui d'expériences nouvelles. Si l'on éclaire quelques minutes l'une des électrodes d'un élément platine-solution fluorescente-platine, il apparaît d'abord une force électromotrice de Becquerel, puis une force électromotrice d'adsorption; celle-ci est toujours, au début, de sens contraire à la première en solution aqueuse, elle persiste dans l'obscurité et finit par atteindre une valeur limite qu'elle conserve jusqu'à ce que la diffusion intervienne.

Si le phénomène est dû à une modification de la masse de la solution, la force électromotrice limite, obtenue au moyen d'un éclairement déterminé agissant pendant un temps fixe, doit être indépendante des conditions électriques de l'expérience; par exemple, elle sera la même que les électrodes soient laissées en circuit ouvert ou mises en court circuit pendant que le rayonnement agit sur la solution.

Je donnerai ici les résultats d'un groupe de trois expériences faites avec une solution aqueuse du sel de potassium du sulfofluorène que j'ai employé précédemment ([1]). L'éclairage a duré 3 minutes; dans la première expérience (Tableau I), les électrodes ont été constamment maintenues en circuit ouvert; dans la seconde (Tableau II), laissées en court circuit pendant l'éclairement, elles ont été mises en circuit ouvert exactement à la fin de la troisième minute. Le Tableau III contient les résultats obtenus en laissant les électrodes en circuit fermé pendant les cinq premières minutes. Sur les tableaux, l'origine des temps est, dans tous les cas, le moment de l'ouverture du circuit.

La concentration de la solution est $3,84 . 10^{-6}$ g : cm³.

TABLEAU I.

Temps.	Force électromotrice (en millivolts).	Temps.	Force électromotrice (en millivolts).
m s		m s	
0.00	0	28.30	— 9,9
7.00	— 2,6	30.00	—10,2
8.00	— 3,5	32.00	—10,6
9.20	— 4,9	34.00	—10,7
10.00	— 5,3	43.30	—10,7
13.00	— 5,6	47.00	—10,7
22.00	— 8,3	54.00	—10,7
26.30	— 9,3	62.00	—10,7

([1]) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 623.

TABLEAU II.

Temps. (m s)	Force électromotrice (en millivolts).	Temps. (m s)	Force électromotrice (en millivolts).
0.00	0	45.00	—10,6
4.20	— 3,0	48.00	—10,7
6.00	— 4,7	53.00	—10,6
9.10	— 6,5	59.30	—10,6
14.00	— 8,8	63.00	—10,6
17.30	— 9,3	66.00	—10,7
21.00	— 9,7	75.00	—10,0
31.30	—10,0	79.00	— 9,9

TABLEAU III.

Temps. (m s)	Force électromotrice (en millivolts).	Temps. (m s)	Force électromotrice (en millivolts).
0.00	0	73.30	— 6,8
8.00	—0,5	85.00	— 7,9
14.00	—1,4	98.00	— 8,4
18.00	—1,8	110.30	— 9,0
19.40	—2,1	125.00	— 9,5
30.00	—2,8	139.00	— 9,9
50.20	—5,4	145.30	—10,3
55.00	—5,7	149.30	—10,6
60.00	—6,3	158.30	— 7,5

Dans les deux premières expériences, les valeurs respectives de la force électromotrice limite sont $-10^{mv},7$ et $-10^{mv},6$. On ne voit pas de palier dans la troisième, mais seulement un maximum de la valeur absolue de la force électromotrice, la durée d'établissement ayant été assez grande pour que la diffusion déjà visible sur le Tableau II, eût un rôle prédominant au voisinage de la valeur limite; on peut cependant déterminer graphiquement l'ordonnée de la tangente horizontale à la courbe donnant la force électromotrice en fonction du temps; on trouve ainsi $-10^{mv},6$.

Une autre vérification a consisté à former l'image de la lampe à mercure d'abord sur l'électrode elle-même, puis sur la région du liquide située à 2^{mm} au-dessus de celle-ci (durée d'éclairement : 6 minutes en circuit ouvert). La concentration de la solution du même sel organique était ici $3,16.10^{-6}$g:cm^3. On trouve la même force électromotrice limite $-10^{mv},2$ dans les deux cas, bien que les courbes aient des formes très différentes; l'électrode étant éclairée directement, l'effet positif atteint $3^{mv},2$, tandis que, dans la seconde expérience, il ne dépasse pas $0^{mv},2$.

Ces exemples montrent que la force électromotrice que j'ai mise en évidence a bien son origine dans une transformation de la masse du liquide produite par le rayonnement. La variation consécutive du potentiel de l'électrode est fonction de l'éclairement, de la nature et de la concentration de la solution et elle est indépendante des conditions électriques initiales.

OPTIQUE. — *Sur quelques propriétés optiques des milieux troubles résineux solides*. Note [1] de M. CHARLES CHÉNEVEAU, présentée par M. Paul Janet.

Les résines solides transparentes, dont l'indice de réfraction est 1,5 environ, se laissant pénétrer par des particules d'eau, d'indice de réfraction égal à 1,33, forment des milieux optiquement troubles [2].

La différence mesurée des indices de réfraction de la résine brute et de la résine transformée, s'accorde assez bien, au moins en première approximation, avec la différence calculée dans l'hypothèse où la réflexion de la lumière sur les particules, supposées sphériques, intervient d'une manière prépondérante [3].

Une étude de l'absorption et de la diffusion, faite à l'aide du spectrophotomètre de Féry, sur des lames parallèles assez minces taillées dans deux copals transformés différents, a montré qne ces milieux troubles obéissent à la loi de Lord Rayleigh, généralisée par Boutaric [4],

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\frac{A}{\lambda^n}};$$

I_0, intensité incidente; I, intensité transmise; λ, longueur d'onde. Il y a en effet proportionnalité entre $\log\left(-\log\frac{I}{I_0}\right)$ et le logarithme de la longueur d'onde λ. Le tableau suivant donne les valeurs de n, avec quelques autres renseignements sur les milieux expérimentés :

Échantillons.	Diamètre des globules le plus fréquent.	Nombre de globules par cm³.	Exposant n.	Densité à 18°.	Pression de transformation.
Copal blanc.....	3^{μ}	$1,8.10^8$	$-0,68$	1,01	2^{atm}
Copal jaune.....	7^{μ}	$1,8.10^7$	$-0,53$	1,04	4^{atm}

(1) Séance du 23 mars 1925.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 136.

(3) C. CHÉNEVEAU et R. AUDUBERT, *Ann. Phys.*, 9e série, **13**, 1920, p. 134.

(4) *Thèse de doctorat*, Paris, 1918.

L'exposant n étant négatif, ces lames diffusent plus le rouge que le bleu. Comme la dispersion par diffusion intérieure dépend du nombre de particules et de leur diamètre, on peut, suivant la concentration d'un milieu trouble solide en sphérules liquides suffisamment régulières passer, comme dans le cas des suspensions de gomme-gutte ou de mastic dans l'eau, d'une dispersion plus grande du rouge à une dispersion plus grande du bleu. On peut trouver dans ces phénomènes une explication de la teinte verte que prend parfois l'ambre mat naturel.

En résumé, les résines mates, naturelles ou artificielles, qu'on peut considérer, du point de vue de leur constitution physique, comme inverses des suspensions de résines dans l'eau, obéissent aux lois générales de l'optique des milieux troubles à grosses particules. Ainsi que le montre le tableau suivant, les milieux troubles solides résineux se classent, en effet, parmi les milieux troubles où l'exposant de la longueur d'onde, dans la loi de Lord Rayleigh, ne peut atteindre la valeur limite $+4$, parce que les dimensions de leurs particules sont supérieures ou égales aux longueurs d'onde des diverses radiations du spectre visible.

Auteurs	Milieux troubles et conditions d'expérience.	Exposant de λ.
Abney.	Suspensions très fines de mastic	$+4$
Andant.	Opalescence critique de l'éther { $\theta > 0°,15$	$+4$
	Opalescence critique de l'éther { $\theta = 0'',10$	$+2,8$ à 2
Boutaric.	Précipité de chlorure d'argent { au début	$+4$
	Précipité de chlorure d'argent { 1 heure après	$+2$
Cabannes.	Molécules de vapeurs et gaz divers, de liquides purs sans poussières	$+4$
Chéneveau.	Sphérules d'eau dans les résines de 3 et 7$^{\mu}$ { copal blanc	$-0,7$
	Sphérules d'eau dans les résines de 3 et 7$^{\mu}$ { » jaune	$-0,5$
Chéneveau et Audubert.	Suspensions dans l'eau de mastic et de gomme-gutte (ultramicroscopiques et de 1 à 12$^{\mu}$)	$+4$ à -1
Compan.	Eau troublée par chlorure d'argent (au début)	$+4$
»	» » » encre de Chine	$+2$
»	Sulfate de baryum dans eau et glycérine	$+2$
»	Oxalate de chaux	$+2$
»	Alcool anisé salé et teinture de savon	$+3$
Crova.	Atmosphère (minimum)	$+4$
Ehrenhaft.	Solutions colloïdales métalliques	$+4$
Herxheimer.	Brouillards de chlorhydrate d'ammoniaque (au début)	$+4$
Hurion.	Précipité de chlorure d'argent (au début)	$+4$
Lampa.	» » » »	$+4$
Lord Rayleigh.	Molécules de vapeurs et gaz divers	$+4$
Mecklemburg.	Suspensions colloïdales de soufre (5 à 100$^{m\mu}$)	$+4$
»	» » » (250 à 850$^{m\mu}$)	$+2$
Pertner.	Solutions colloïdales métalliques (ultramicroscopiq.)	$+4$
Vlès.	Bactéries (bouillons de culture, ordre de 1$^{\mu}$)	$+3$ à $+2$

SPECTROSCOPIE. — *Étude spectrographique de la série K des éléments lourds.* Note de M. G. **Réchou**, présentée par M. de Broglie.

Les longueurs d'ondes des raies de la série K des éléments lourds n'avaient pu jusqu'ici être mesurées, sauf pour le tungstène et le platine, faute d'un tube muni d'anticathodes interchangeables susceptible de supporter des tensions voisines de 200 kilovolts. Il est nécessaire, en effet, pour exciter les raies caractéristiques du dernier élément de la table de Mendeleef : l'uranium, d'atteindre le potentiel d'excitation de 118 kilovolts et de le dépasser notablement si l'on veut obtenir une impression photographique suffisante. Pour déterminer les longueurs d'ondes des raies de la série K des éléments lourds, nous nous sommes servi du tube de M. A. Dauvillier, un tube de ce genre permettant d'atteindre facilement une tension constante de 170 kilovolts. Nous avons utilisé la méthode photographique avec cristal tournant de M. de Broglie. La plaque photographique était placée à 1546^{mm} de la fente et le cristal à mi-distance. Nous avons obtenu ainsi une dispersion nous permettant une mesure particulièrement précise de la distance des raies. Après avoir déterminé d'une façon approximative la position zéro du cristal nous réalisions une impression sur la plaque photographique de part et d'autre de cette position. Nous obtenions ainsi deux spectres symétriques éliminant toute possibilité d'erreur sur la position du zéro.

Nous avons déterminé la longueur d'onde des quatre « raies » de la série K pour tous les éléments lourds accessibles, depuis le tantale jusqu'à l'uranium.

Le tableau suivant résume ces résultats en unités X (10^{-11}cm), les valeurs sont exactes à 0,1 unité X près.

éments.	α_2.	α_1.	β.	γ.
Tantale	219,30	214,31	189,61	184,16
Tungstène	213,41	208,50	184,16	179,00
Osmium	202,14	197,51	174,75	169,45
Iridium	195,32	190,70	168,18	163,45
Platine	189,60	185,07	164,00	159,37
Or	184,34	179,26	158,90	153,83
Thallium	175,44	169,81	151,10	148,02
Plomb	170,18	165,27	146,93	142,57
Bismuth	165,73	160,91	142,20	136,21
Uranium	130,95	126,40	111,87	108,42

Nous n'avons pu obtenir encore les valeurs des longueurs d'ondes des raies K du mercure et du thorium par suite de difficultés expérimentales insurmontables provenant de la volatilité du mercure et de la désagrégation de la thorine.

Les chiffres obtenus pour le tungstène sont très voisins, comme on pourra le constater, de ceux de Siegbahn et de Duane et Stenstrom. Ceux du platine sont voisins de ceux obtenus récemment par Stanley Rogers. Parmi les mesures relativement anciennes, les chiffres de M. de Broglie pour ce dernier élément paraissent les plus précis, sauf pour la raie γ dont la valeur est nettement trop faible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrographique du complexe iodocadmique.* Note (¹) de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une précédente Communication, j'ai montré comment l'étude des spectres d'absorption peut permettre de déterminer la formule et la stabilité du composé d'addition qui prend naissance lorsqu'on mélange deux solutions. J'ai songé à appliquer tout d'abord cette méthode à un exemple déjà connu, celui de la formation, à partir des iodures de cadmium et de potassium, du sel double CdI^4K^2. Son existence a été nettement démontrée de plusieurs façons (²). Contrairement à mon attente, les spectres d'absorption des mélanges de solutions équimoléculaires des deux iodures ne mettent pas en évidence la formation du sel double. Mais l'examen détaillé des spectrogrammes m'a suggéré que ce fait était dû à la complexité de l'iodure de cadmium lui-même. Il est très probable que les solutions de ce sel contiennent l'ion iodocadmique CdI^{4--} à une concentration très appréciable.

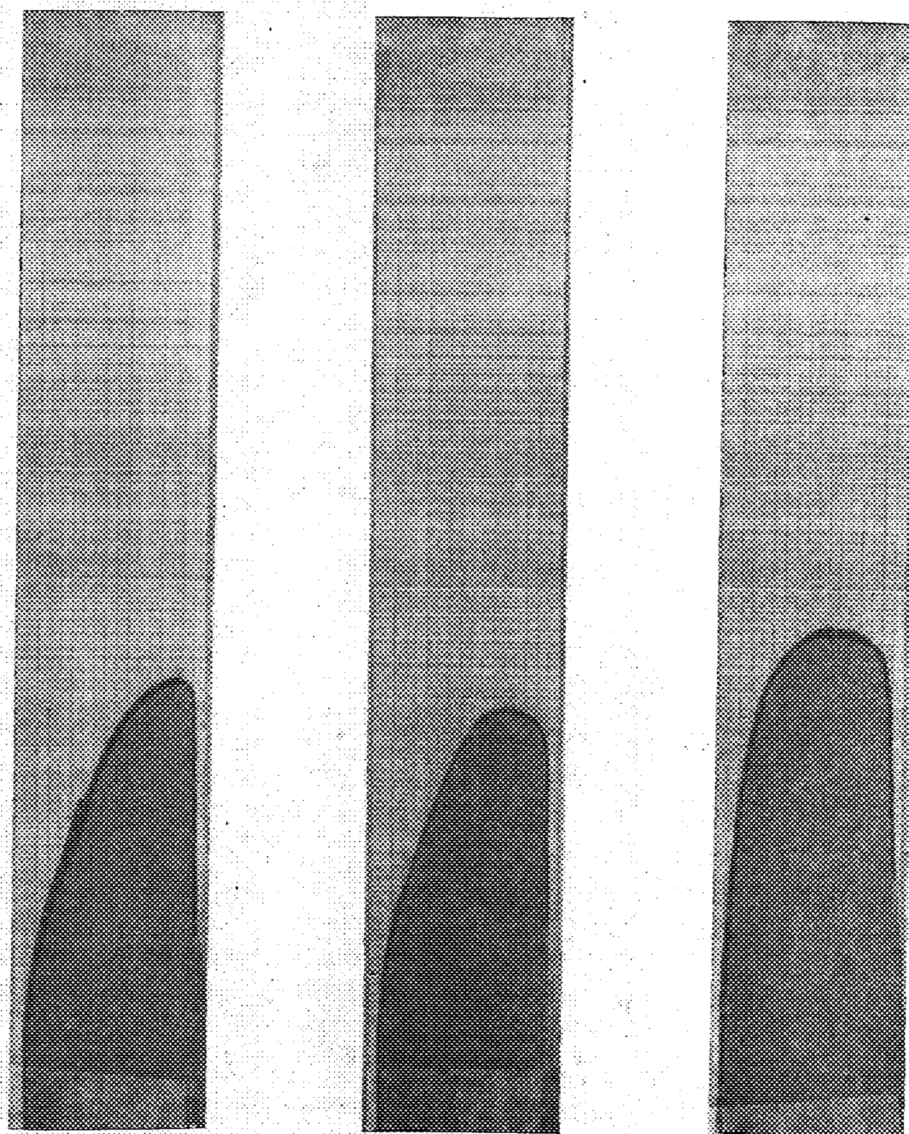
Dans ces conditions j'ai étudié la formation de cet ion complexe CdI^{4--}, à partir du sulfate de cadmium et de l'iodure de potassium.

J'ai donc préparé 17 mélanges de solutions décinormales (en molécules) de ces deux sels. La composition de ces mélanges variait régulièrement de 0 à 100 pour 100 d'iodure de potassium. J'ai photographié les uns au-dessus des autres les spectres d'absorption de ces 17 mélanges, à l'aide d'un spectrographe à prismes de quartz et

(¹) Séance du 16 mars 1925.

(²) Par la cryoscopie (G. Urbain et Cornec, *Bull. Soc. chim.*, 25, 1919, p. 215), par l'ébullioscopie (Bourion, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1406), par la chaleur de mélange (Chauvenet, P. Job et G. Urbain, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 855).

d'une petite cuve de 1^{cm} de longueur, à faces de quartz, la source lumineuse étant un arc au fer. J'ai reproduit ci-dessous le spectrogramme obtenu. On voit que l'absorp-



Spectres d'absorption (arc au fer) des mélanges en proportion variable de solutions de sulfate de cadmium et d'iodure de potassium $\left(\text{I, } SO^4Cd\ \frac{N}{10},\ IK\ \frac{N}{10};\ \text{II, } SO^4Cd\ \frac{N}{40},\ IK\ \frac{N}{10};\ \text{III, } SO^4Cd\ \frac{N}{10},\ SO^4Cd\ \frac{4N}{10}\right)$; la proportion d'iodure varie de 0 à 100 lorsqu'on se déplace de gauche à droite.

tion des mélanges dans l'ultraviolet est considérable et qu'elle passe par un maximum très net pour une proportion d'iodure de potassium égale à 80 pour 100. Pour déter-

miner plus exactement la position du maximum il convient de mesurer la position de la limite d'absorption à l'aide du microscope à chariot servant à la lecture des spectres. On porte les valeurs obtenues sur un graphique en fonction de la composition des mélanges. J'ai vérifié que la composition maxima reste fixe si l'on change la concentration commune des deux solutions.

Cette composition maxima correspond donc à 4I pour 1Cd et l'ion complexe qui prend naissance a pour formule CdI^4.

Comme je l'ai indiqué précédemment, on obtiendra la valeur de la constante d'équilibre k de la réaction $Cd^{++} + 4I^- \rightleftharpoons CdI^{4--}$, en déterminant la composition maxima des mélanges de solutions des deux iodures aux concentrations Γ et $\Gamma' = p\Gamma$.

La constante k est donnée en fonction de la composition x du mélange maximum par la formule

$$k = \frac{\Gamma^4 p^3[(p+4)x - 4]^5}{(p-1)^4 \times (4-5x)}.$$

Le tableau suivant donne les résultats obtenus :

Concentration du sulfate de cadmium.	Concentration de l'iodure de potassium.	Composition maxima.	k.
$\frac{1}{10}$	$\frac{4}{10}$	59 pour 100	$1,3 \times 10^{-5}$
$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$	72 »	$1,3 \times 10^{-5}$
$\frac{1}{100}$	$\frac{4}{100}$	79 »	$1,1 \times 10^{-5}$
$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{10}$	68 »	$1,2 \times 10^{-5}$

A titre d'exemple, j'ai reproduit ci-dessus les spectrogrammes correspondant aux deux premières séries de mélanges.

La concordance remarquable des valeurs précédentes ne doit pas faire illusion sur la précision du résultat obtenu; la position du maximum ne peut en effet être obtenue qu'avec une approximation assez faible ([1]), et la plus petite erreur commise sur la valeur de x peut, dans certains cas, produire une erreur considérable sur la valeur de k. On peut, néanmoins, conclure de ces expériences que la méthode que j'ai indiquée permet non seulement de déterminer la formule de l'ion iodocadmique, mais encore de mesurer la constante d'équilibre correspondant à sa formation, et par conséquent sa stabilité.

([1]) Il y aurait sans doute intérêt à employer une source lumineuse donnant un spectre plus continu que l'arc au fer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition catalytique des chlorures d'acides.* Note (¹) de M. **A. Mailhe**, transmise par M. P. Sabatier.

On sait que sous l'influence des catalyseurs métalliques, nickel et cuivre, les aldéhydes ont une tendance à se scinder en oxyde de carbone et carbure forménique (²).

Étant donnée la relation qui existe entre les aldéhydes et les chlorures d'acides, ceux-ci pouvant être obtenus par action du chlore sur les premières, il y avait lieu de penser que ces chlorures d'acides se comporteraient vis-à-vis des métaux divisés, d'une manière analogue aux aldéhydes et que leur dédoublement aurait lieu suivant la réaction



$$RCOCl = CO + RCl.$$

Toutefois, si la chose paraissait vraisemblable pour les chlorures d'acides aromatiques, par suite de la grande stabilité des chlorures benzéniques, il ne devait pas en être tout à fait ainsi pour les chlorures d'acides aliphatiques. On sait en effet que les carbures forméniques halogénés se dédoublent au contact des métaux et des chlorures métalliques en acide chlorhydrique et carbures éthyléniques (³). Dans ce cas, on devait obtenir un carbure éthylénique et du gaz chlorhydrique.

L'expérience a parfaitement vérifié cette manière de voir.

Lorsqu'on dirige les vapeurs de *chlorure d'isovaléryle* sur un nickel peu actif, chauffé vers 420°, on constate un abondant dégagement d'un gaz chargé de vapeurs d'acide chlorhydrique. Il a pour composition :

	Pour 100.
CO^2	1
CO	39,6
C^nH^{2n}	36
CH^4	17,4
H	6

Il est formé surtout d'oxyde de carbone et de carbures éthyléniques. Ceux-ci, absorbés par le brome, fournissent principalement du bromure

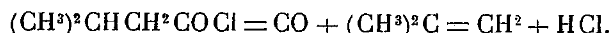
(¹) Séance du 30 mars 1925.

(²) P. Sabatier et Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 8ᵉ série, 4, 1905, p. 474.

(³) P. Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, 138, 1904, p. 407.

d'isobutylène, bouillant à 148°-149°, accompagné de $\frac{2}{10}$ de bromure de propylène.

Ces résultats montrent que le chlorure d'isovaléryle s'est décomposé en oxyde de carbone, HCl et isobutylène dont une petite portion s'est coupée en propylène et résidu CH^2 dont l'hydrogénation a donné du méthane :



$$(CH^3)^2CHCH^2COCl = CO + (CH^3)^2C = CH^2 + HCl.$$

En outre, il s'est formé une petite quantité de carbone due à la scission totale de résidus CH^2, ce qui a libéré de l'hydrogène et à la transformation d'une faible proportion d'oxyde de carbone en anhydride carbonique. Si celle-ci n'a pas été plus importante, cela tient à la faible activité du nickel.

Le *chlorure d'isobutyrile*, dans les mêmes conditions, s'est dédoublé en propylène, oxyde de carbone et acide chlorhydrique.

Les gaz recueillis avaient pour composition :

	Pour 100.
CO^2	0,8
CO	46
C^nH^{2n}	36
CH^4	13
H	4

Les vapeurs de *chlorure de propionyle* ont fourni, par dédoublement sur le même nickel, de l'éthylène identifié par son bromure, bouillant à 131°, de l'oxyde de carbone et du gaz chlorhydrique, ainsi que les réactions secondaires citées plus haut. La composition du gaz dégagé a été la suivante :

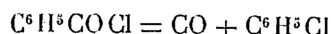
	Pour 100.
CO^2	1
CO	49,8
C^nH^{2n}	36
CH^4	10,2
H	3

La décomposition du *chlorure d'acétyle*, à 400°, se fait avec une grande facilité. Il se produit un abondant dégagement de gaz constitué par 62 pour 100 d'oxyde de carbone et 32 pour 100 d'hydrogène. On recueille seulement du chlorure d'acétyle non transformé.

Le *chlorure de benzoïle*, dirigé en vapeur sur le nickel chauffé à 420°, a fourni une décomposition régulière. Les gaz dégagés sont formés de 97 pour 100 d'oxyde de carbone, 1 pour 100 de CO^2 et 2 pour 100 d'hydrogène.

Le liquide condensé, soumis à la distillation, abandonne les traces de benzène, du chlorobenzène, 50 pour 100, bouillant à 131°, une certaine proportion de chlorure de benzoïle non transformé (40 pour 100), qui distille jusqu'à 210°. Puis le thermomètre monte jusqu'à 375° et il distille à ce moment une huile de couleur jaune, d'odeur très agréable, qui cristallise partiellement en beaux prismes jaune d'or, fondant à 90°. C'est le dibenzoïle ou benzile, $C^6H^5CO.COC^6H^5$.

Ces résultats indiquent que le chlorure de benzoïle s'est décomposé suivant la réaction



$$C^6H^5COCl = CO + C^6H^5Cl$$

et qu'en dehors de la formation d'un peu de benzine, il s'est produit une réaction accessoire, due vraisemblablement à l'hydrogénation partielle du chlorure d'acide, qui a donné naissance au benzile.

GÉOLOGIE. — *Galets à facettes dans la brèche tectonique des massifs de sel de Roumanie.* Note (¹) de M. **I. P.-Voitești**, présentée par M. Émile Haug.

Au cours des études des massifs de sel carpathiques que nous poursuivons depuis plusieurs années, nous avons observé, dans la brèche tectonique argileuse qui les enveloppe, la présence de blocs de différentes roches qui portaient les empreintes des phénomènes mécaniques subis durant leur sortie vers la surface dans le noyau des anticlinaux fracturés.

Cette année, ayant eu l'occasion de revoir la brèche tectonique du massif de sel de Podenii Noui (25^{km} au NE de Ploești), ouverte par l'érosion de plusieurs cours d'eaux sur une longueur de 5^{km} et une largeur variant entre 1^{km} dans l'ouest et 500^m dans l'est, nous avons trouvé dans cette brèche presque toutes les formes de cailloux à facettés (« facetted pebbles » — « Facettengeschiebe ») décrits pour la première fois par Wynne [2] et Oldham [3],

---

[1] Séance du 30 mars 1925.

[2] A.-B. Wynne, *On a facetted and striated pebble from the Olive Group of Cliel Hill in the Salt Range of the Punjab, India* (*Geol. Mag.*, Dec. III, 3, 1886, p. 492).

[3] R.-D. Oldham, *Note on the facetted pebbles from the Olive Group of the Salt Range, Punjab, India* (*Ibid.*, 1887, p. 32).

puis par Noetling (¹) de l'argile à blocaux du Permien du Salt Range (Inde).

La brèche tectonique du massif de Podenii Noui apparaît dans le noyau d'un anticlinal de roches néogènes, sur la bordure extérieure des Subcarpathes méridionales. Sur le flanc nord de cet anticlinal fracturé la brèche tectonique est couverte par l'entière série de couches miocènes-pliocènes, tandis que sur le flanc sud elle prend contact par faille avec les couches (graviers) de Candeşti du Levantin supérieur.

Au point de vue pétrographique cette énorme brèche est constituée par une masse argileuse, finement broyée, de couleur gris foncé ou même noirâtre, dans laquelle apparaissent, sans aucun ordre, des blocs et lentilles petites et grandes, quelquefois énormes, de différentes roches : de granite du type carpathique; d'un granite porphyrique et de porphyre d'un type inconnu dans les Carpathes; des schistes cristallins du type carpathique et dobrogéen (roches vertes); de roches cornéennes; de grès rouge permien; de calcaire jurassique du type dobrogéen; de calcaires néocomiens-aptiens du type carpathique; d'Oligocène (ménilites et dysodiles); de Méditerranéen (conglomérats), et enfin de Sarmatien (calcaire), de Méotien (grès) et même de Levantin (graviers).

Parmi ces blocs et lentilles, comme nous avons dit, il y en a d'énormes. Ainsi, par exemple, dans la brèche du flanc nord du massif, il y a une lentille de roches oligocènes, schistes marneux avec des intercalations siliceuses, longue d'à peu près 1000^m et large de plus de 150^m, en dehors des petites lentilles qu'on observe parsemées un peu partout dans la partie supérieure de la brèche.

De même le calcaire jurassique du type dobrogéen apparaît assez souvent en blocs depuis la grosseur d'un poing jusqu'à celle de quelques mètres cubes et même on en a exploité un, pour la chaux vive, qui mesurait plus de 700 m³. De même aussi pour les blocs de conglomérats méditerranéens.

Dans le torrent « Valea Dulce », qui a entamé transversalement la partie orientale de la brèche, jusqu'à mettre à jour le massif de sel sur une largeur de quelques centaines de mètres, nous avons trouvé des blocs à facettes des différentes formes décrites de la région du Salt Range.

Ainsi, nous avons observé : des blocs de calcaire (mésozoïque) présentant une seule face, un peu courbée dans la partie antérieure et nettement délimitée à la partie postérieure, portant des striations profondes et parallèles dans le sens de la longueur; des blocs calcaires (néocomiens) à deux faces se coupant à angle droit, ressemblant parfaitement à ceux publiés par Noetling (*op. cit.*, figure 2); des grands blocs de conglomérat méditerranéen, dont les galets de calcaire sortant en relief étaient tous facettés au même niveau et striés dans le même sens; des blocs de roches dures (roches cornéennes) à une face plane, ou arrondis, admirablement polis; des galets

(¹) Fr. Noetling, *Beiträge zur Kenntniss der glacialen Schichten permischen Alters in der Salt Range, Punjab, India* (*Neues Jahrb. f. Miner.*, 2, 1896, p. 61-86).

calcaires facettés, à plusieurs faces se coupant sous un angle très obtus; enfin des blocs à faces courbes (concaves ou convexes) polies et striées finement.

L'explication de l'origine de tous ces phénomènes mécaniques, que présentent les blocs compris dans la brèche tectonique du massif de sel de Podenii Noui, est très facile, si l'on considère que la matrice dans laquelle ils se trouvaient englobés pendant le mouvement ascendant du massif est constituée par la brèche argileuse-marneuse fine, provenant du broyage des roches argileuses-marneuses des formations géologiques transpercées par le sel du massif, comme d'ailleurs ces blocs proviennent des roches dures des mêmes formations.

En étudiant la littérature géologique concernant la structure des « boulder beds » du Permien du Salt Range et spécialement les descriptions données par Koken et Noetling ([1]), d'où il ressort que, dans cette argile à blocaux, il y a aussi des klippes et lambeaux bien conservés de roches peu résistantes à l'action mécanique d'un glacier (argiles, marnes et grès conglomératiques) et provenant des roches des formations du lit (purple sandstone, magnesian sandstone et Baganwala group) et du toit (Speckled sandstone, etc.), phénomènes qu'on observe couramment dans la brèche tectonique des massifs des régions carpathiques ([2]), et considérant encore les grandes discussions qu'a suscitées l'explication par glaciation des phénomènes mécaniques que présentaient ces blocs facettés, nous arrivons à la conclusion que ce qu'on a décrit comme dépôts morainiques dans le Permien du Salt Range n'est qu'une brèche tectonique fossile, dessalée, d'une zone tectonique régionale d'apparition de massifs de sel, et cela d'autant plus que, dans le Salt Range au-dessous du lambeau de Cambrien (qui s'effile vers l'ouest), apparaissent des marnes salées (salt marl), lesquelles appartiennent probablement à la même zone de brèche tectonique.

([1]) E. Koken et F. Noetling, *Das permische Glacial* (*Centralbl. f. Min.*, etc., 1903, p. 45-49); *Ueber die Geschiebe des permischen Glacials* (*Ibid.*, p. 72-76); *Die wahrscheinliche Entstehung d. Facettengeschiebe* (*Ibid.*, p. 97-103).

([2]) I. P.-Voitesti, *Quelques remarques sur l'âge du sel des régions carpathiques* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 19, Paris, 1920); *Sur l'origine du sel et les rapports tectoniques*, etc. (*Ibid.*, 21, Paris, 1921); *Rapports géologiques entre les gisements du sel et ceux du pétrole* (*Annales des Mines de Roumanie*, 7e année, Bucarest, 1924).

GÉOLOGIE. — *Le Djebel Hadid (Grand Atlas oriental).* Note (¹) de M. J. **Savornin**, transmise par M. Ch. Depéret.

Le nom de Djebel Hadid, qu'on lit sur des cartes générales du Maroc à l'extrémité orientale du Grand Atlas, ne figure pas sur les cartes détaillées. C'est une appellation étrangère au pays.

Jusqu'à une date récente, les populations autochtones exploitaient les gisements de minerai de fer susceptibles de traitement au charbon de bois. De tels gisements sont fréquents, au cœur de l'Atlas, dans la zone nord de Gourrama.

Les plus importants se trouvent chez les Aït bou Meriem, près de Sidi Otman, et chez les Aït Mesrouh, autour de Tit n'Ali. On voit encore de grosses accumulations de scories et même certains fourneaux de traitements. Ce renseignement a pu être donné à quelque géographe, sous la forme abrégée : « montagne de fer » pour désigner le pays où l'on fabriquait ce métal.

Aucun géologue n'avait visité cette région.

C'est — entre les deux vastes affleurements paléozoïques du Tamlelt et de la Haute-Moulouya — une troisième zone où le substratum du Lias est largement mis au jour. Deux jalons intercalaires doivent, en outre, exister : au Dj. Bou Dahar (oued Tarrecht) et à l'Ayachi (charnière géniculée).

On peut réserver le nom fictif de Dj. Hadid à la bande paléozoïque est-ouest, qui s'étend sur 60^{km}, avec une largeur de 12^{km} au nord de Gourrama. C'est l'axe tectonique principal de la grande chaîne. Le fer est dans des schistes qu'on peut attribuer partiellement au Silurien. Les filons métallifères se distinguent de loin, comme des dykes sombres. Leur voisinage n'est sans doute pas fortuit avec des roches cristallines vertes.

Ces diabases jouent le même rôle que dans les régions sud d'Oudjda et les Beni Snassen : elles n'apparaissent que comme substratum direct du Lias. Comme dans ces régions du Nord, elles tiennent parfois la place du Permo-Trias (²). C'est ce qu'on voit dans le cirque de Mougueur. Les colorations vives des roches vertes et de leurs produits d'altération sont particulièrement remarquables au nord de Tiouzaguine.

(¹) Séance du 2 mars 1925.

(²) Savornin, *État actuel des connaissances sur la géologie du Maroc français* (*Bull. Soc. géogr. Alger et Afrique du Nord*, 15, 1922, p. 86).

Il arrive parfois que la dolérite est la seule portion visible du substratum, dans les charnières de plis liasiques étroits : Tizi Kert, sud du Dj. Ghis, et plus loin à l'Ouest. Un semblable affleurement doit se trouver dans la gorge amont d'El Bour : j'ai recueilli des galets doléritiques près de ce village. Deux autres boutonnières, minuscules, se voient presque à mi-distance entre Bertat et Gourrama : pointe ouest du Dj. Iguedit et près de Tizi ou Asserdoun. Des contacts anormaux se manifestent ici (¹).

Les affleurements liasiques dessinent, outre les grands anticlinaux éventrés, transformés en cirques paléozoïques, de multiples replis. Les axes tectoniques sont affectés d'ondulations aussi bien verticales qu'horizontales, ce qui donne à la carte un graphique assez étrange. Aux lignes directrices recourbées, figurant des mailles, s'ajoutent (extérieurement à ce nœud tectonique) des lignes droites sensiblement parallèles, encadrant le tout.

La plus septentrionale de ces dernières est relayée, au Tizi Gzaouine, par le Skindis, qui s'allonge au Nord-Est pour amorcer un immense arc de cercle se terminant en vue de Matarka. J'avais noté cette pointe dès 1922 (²) : c'est l'arête de l'Oum Chakourt, prolongée par l'Hameïda, le Taghit et le Chaïf Oulad Raho. Cet arc de chaînes articulées affecte déjà l'allure des chaînes « processionnaires ». Sa longueur est de 160^{km}, comptés depuis les Aït Daoud ou Moussa : Djebel Yhoudi (entre Bertat et Gourrama).

Les affleurements crétacés encadrent cet anticlinal, désormais unique et dont la largeur, occupée par le Lias et l'Oolithe inférieure, n'atteint pas 6^{km} (entre Foum el Msenn et Foum Meridja). Un petit témoin d'Albien détritique révèle d'ailleurs, à cet endroit, la continuité originelle de la couverture crétacique.

En résumé, le Djebel Hadid, comme l'Ayachi, faisait partie des reliefs du Grand Atlas déjà plissés et particulièrement émergés, lors de la transgression albo-cénomanienne. L'Oum Chakourt, prolongement du Hadid, était une île. L'ébauche structurale du Grand Atlas remonte donc à des temps fort anciens.

(¹) Je dois, à ce propos, rectifier un lapsus qui s'est glissé dans ma première Note sur la région à 4^{km} de Talsint ; ce n'est pas un pointement de Trias qui se voit à la limite du Lias supérieur et du Bajocien, mais un travertin, dépôt de source incrustante (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 281).

(²) *Remarques sur la transgression mésocrétacée au Maroc central* (*C. R. somm. Soc. géol. de Fr.*, 1922, p. 36).

GÉOLOGIE. — *Sur l'éventail de Bagnes et la nappe de la Dent Blanche.* Note ([1]) de M. Frédéric Hermann, transmise par M. Ch. Depéret.

L'*éventail de Bagnes*, partie frontale de la carapace de la nappe du Grand Saint-Bernard, ainsi nommé par H. Gerlach ([2]), qui le reconnut dans cette vallée, où l'érosion l'a conservé dans son plus grand développement, a été plissé en éventail au cours des dernières phases de la mise en place des nappes alpines.

En 1913, j'ai rattaché à cette masse les digitations, s'amincissant toutes vers les régions internes, d'Arzinol, de Getty, du Sasseneire, de la Becca de Lovégnoz, et des Becs de Bosson (environs d'Evolène), en indiquant que tout ce complexe ne pouvait se raccorder par le Sud à la nappe du Grand Saint-Bernard, ainsi qu'on le croyait jusque-là, mais que l'*éventail de Bagnes*, avec ses prolongements, était un énorme pli en retour de cette nappe, dont le point d'attache devait être cherché au Nord-Ouest, dans les parages du Mont Carré sur Sion, par exemple ([3]).

Il n'est plus possible d'attribuer un rôle actif à la poussée exercée par la nappe de la Dent Blanche sur celle du Grand Saint-Bernard, dans la formation de ce phénomène conçu enfin dans sa véritable nature : il faut en voir la cause dans la surrection, contemporaine à l'avancée des nappes, du Mont Blanc.

Au cours du serrage final contre les massifs hercyniens frontaux, les nappes se renflèrent sous les promontoires de ces obstacles qu'elles ne parvenaient pas à déborder, les soulevant et les projetant vers l'avant par sous-charriage. De même que celui du Gothard, les môles hercyniens du Mont Chétif, du Mont Blanc, des Aiguilles Rouges ont subi le sous-charriage des nappes simploniques, qui, invisibles en profondeur, mais évidentes par leur effet, les ont soulevés, jusqu'à leur faire produire des nappes à leur tour.

A mesure que la masse frontale de la nappe du Grand Saint-Bernard, sous la poussée interne, s'avançait et se soulevait pour déborder l'obstacle, celui-ci s'élevait par le même effort.

([1]) Séance du 30 mars 1925.

([2]) *Das südwestliche Wallis* (*Mat. Carte géol. Suisse*, livr. 9, 1871, p. 125).

([3]) *Recherches géologiques dans la partie septentrionale des Alpes Pennines* (*Thèse*, Lyon, 1913, p. 84-94 et 102-103). Une thèse de doctorat (E. Wegmann, *Zur Geologie der S. Bernharddecke im Val d'Hérens*, Neuchâtel, 1923) a, 10 ans après moi, reproduit cette découverte, tout en citant mon travail dans la bibliographie.

Cette contemporanéité de mouvements déforma la masse frontale de la nappe du Grand Saint-Bernard en un pli à arrêt forcé, croissant peu à peu et se refoulant en arrière sur lui-même, à mesure que la matière affluait des régions plus internes; par contre-coup, la masse subfrontale de la Dent Blanche surincombante en fut arrêtée et renflée, jusqu'à prendre la forme qu'on lui voit aujourd'hui entre le Val de Bagnes et le Val d'Hérens. Son avancée contrariée entraîna seulement les parties plus internes que la « coupole » de Boussine (haut Val de Bagnes), déformée en un anticlinal complexe par la résistance de la masse externe, déjà comprimée, à son avancement.

Les ophiolites des Aiguilles Rouges d'Evolène et des Haudères (haut Val d'Hérens), analogues de la nappe de la Platta des Grisons, furent profondément pincées dans ce remous grandiose, entre l'*éventail* et la nappe surincombante.

Le gauchissement de la carapace de la nappe du Grand Saint-Bernard vers l'Est (voir mon Ouvrage cité, panorama tectonique), et, mieux encore, l'atténuation rapide dans la même direction de la convexité du flanc renversé de la nappe supérieure, qui, déjà aux Diablons et aux Rocs de Boudri (Val d'Anniviers), devient une surface presque plane et subhorizontale, temoignent de la disparition rapide vers le Nord-Est de l'*éventail de Bagnes*. Son volume semble diminuer aussi, quoique d'une façon moins prononcée, vers l'Ouest, dans le Valgrisenche, où l'action d'arrêt et de refoulement de la continuation de l'*éventail* sur la nappe de la Dent Blanche est encore plus saisissante. Le flanc renversé de celle-ci semble y exagérer son renflement jusqu'à se coincer à angle aigu en direction et à proximité du synclinal pénétrant sous l'*éventail*.

De façon correspondante, l'épaisseur considérable attribuée à la nappe de la Dent Blanche paraît n'être réelle que devant le centre de cette masse et, de part et d'autre, la digitation Dent Blanche *sensu stricto* n'était vraisemblablement pas très épaisse. Si l'on admet que les synclinaux qui la séparent des digitations du Mont Mary, du Mont Emilius et de l'écaille du Mont Rafray (Val d'Aoste), se prolongeaient, étirés, fort loin vers les racines (et cela n'est pas douteux), la nappe entière prend une frappante analogie de formes et de proportions avec son équivalent grison, la nappe Margna-Sella-Platta ([1]).

([1]) R. Staub, *Der Bau der Alpen* (*Mat. Carte géol. Suisse*, nouvelle série, 52e livr., 1924, pl. XXX).

Un nouveau lambeau de la nappe de la Dent Blanche à la Becca de Toss en Valgrisenche. — Au sein de la masse puissante de schistes lustrés, qui forment le haut du massif situé à la confluence du Valgrisenche et du Val de Rhêmes, on trouve vers le haut trois bandes étroites et étirées de prasinites et de micaschistes, qui paraissent représenter les prolongements frontaux de la digitation du Mont Mary (nappe de la Dent Blanche) (1).

Ce massif est couronné par une masse imposante de roches différentes, dominée par la Becca de Toss (3302m). Des lentilles de calcaires et de marbres sériciteux de facies triasique contournent approximativement la base du lambeau et y sont, soit en contact avec les schistes lustrés sous-jacents, soit ennoyés dans la partie inférieure de la masse incombante de prasinites chlorito-épidotiques, qui en contient à différents niveaux des lentilles, toujours plus restreintes et rares vers le haut, quelques-unes formées de calcaires charbonneux (2). Au-dessus l'on trouve des micaschistes chloriteux, passablement quartzifères et enfin, dans les parties les plus hautes (arêtes S, N jusqu'au sommet 3175, et O. de la Becca de Toss), des gneiss, riches en quartz, à muscovite et chlorite, avec magnétite abondante et peu d'épidote, et des gneiss chlorito-épidotiques avec peu de glaucophane et de calcite.

Tout cet ensemble, qui plonge légèrement au NW, correspond stratigraphiquement au *groupe de Tracuit* (substratum de la nappe) et aux parties supérieures de la série para-cristalline de la nappe de la Dent Blanche tels que les décrit M. Argand (3).

Ce lambeau prolonge en direction axiale, au point de vue tectonique, les restes du flanc renversé de la nappe de la Dent Blanche au NW d'Aoste; il n'est pas possible, par contre, de le rattacher à la nappe du Grand Saint-Bernard.

---

(1) R. Staub, *Tektonische Karte der Alpen* (*Mat. Carte géol. Suisse*, Carte spéciale 95 *a*). L'auteur y indique des lames analogues à celles-ci au nord de Zermatt, et les attribue (ouvrage cité) à cette digitation.

(2) Du versant du Val de Rhêmes elles contournent la base des contreforts 2961 et 2960 de la Becca du Merlo (3175), la crête de Verconey (2925) et les hauts plateaux au SW du sommet principal de Toss.

(3) E. Argand, *L'exploration géologique des Alpes Pennines centrales* (*Bull. Lab. Géol. Min. Univ. Lausanne*, n° 14, 1909, groupe de Tracuit, p. 19, et stratigraphie de la nappe de la Dent Blanche, p. 24).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le centre de la France.* Note de M. L. Eblé, présentée par M. Daniel Berthelot.

Notre campagne magnétique de 1924 s'est étendue à 45 stations situées dans les départements du Loir-et-Cher (14), du Cher (17) et de la Nièvre (14); 20 appartiennent à l'ancien réseau de Moureaux, les autres sont nouvelles. Nous donnons ci-dessous les valeurs des éléments magnétiques réduites au 1er janvier 1922); les noms des stations nouvelles sont en italiques.

Valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1922.

Numéros d'ordre.	Stations.	D.	I.	H.	Situations magnétiques.
		Loir-et-Cher :			
		° ′	° ′		
8.	Blois	12.24,7	63.46,3	0,20194	calme
7.	*Contres*	12.18,6	63.38,6	0,20300	presque calme
9.	*Mer*	12.19,8	63.51,7	0,20173	calme
4.	*Mondoubleau*	12.45,3	64.19,8	0,19905	agitée
3.	*Montoire*	12.38,3	63.58,0	0,20114	peu agitée
14.	*Montrichard*	12.28,0	63.27,1	0,20341	peu agitée
1.	*Morée*	12.30,7	64. 1,8	0,20059	peu agitée
11.	La Motte-Beuvron	11.51,3	63.43,2	0,20219	calme
10.	*Neung-sur-Beuvron*	12. 6,2	63.37,1	0,20291	peu agitée
5.	*Oucques*	12.24,7	64. 1,0	0,20088	peu agitée
6.	*Ouzouër-le-Marché*	12.15,0	63.57,9	0,20086	presque calme
13.	Romorantin	12.12,0	63.35,4	0,20339	presque calme
12.	*Salbris*	11.50,1	63.33,9	0,20340	peu agitée
2.	Vendôme	12.34,2	63.58,0	0,20116	calme
		Cher :			
26.	*Les Aix d'Angillon*	11.26,8	63.15,2	0,20548	calme
22.	Aubigny-sur-Nère	11.26,8	63.40,0	0,29373	presque calme
24.	*Baugy*	11.24,5	63.14,5	0,20563	calme
25.	Bourges	11.37,7	63.13,1	0,20518	presque calme
16.	Châteaumeillant	11.46,9	62.48,7	0,20753	calme
20.	Châteauneuf-sur-Cher	11.49,8	63. 5,0	0,20573	peu agitée
18.	*Dun-sur-Auron*	11.39,4	63. 4,0	0,20606	calme
41.	Là Guerche-s-l'Aubois	11.54,8	63. 4,1	0,20661	peu agitée
23.	Henrichemont	11.29,1	63.26,3	0,20447	peu agitée
19.	*Lignières*	12. 1,7	62.55.7	0,20634	presque calme
28.	*Mehun-sur-Yèvre*	11.49,9	63.16,8	0,20470	calme
17.	St-Amand-Montrond	11.49,3	62.44,1	0,20782	calme
43.	*Sancergues*	12. 4,5	63.18,8	0,20514	presque calme
27.	Sancerre	12.13,6	63.28,4	0,20463	calme
42.	*Sancoins*	11.40,3	62.56,1	0,20728	peu agitée
21.	*Vailly-sur-Sauldre*	11.51,1	63.40,8	0,20383	peu agitée
15.	Vierzon	11.56,6	63.21,8	0,20416	presque calme

Numéros d'ordre.	Stations.	D.	I.	H.	Situations magnétiques.
	Nièvre :				
36.	Cercy-la-Tour........	11°.15',3	62°.58',3	0,20650	presque calme
44.	*La Charité*..........	11.54,6	63.18,8	0,20399	calme
37.	Château-Chinon.......	11. 7,6	63. 4,9	0,20560	presque calme
29.	Clamecy.............	11.28,6	63.28,1	0,20381	calme
38.	*Corbigny*...........	11.20,3	63.13,3	0,20486	calme
31.	Cosne...............	12.11,6	63.28,6	0,20387	calme
35.	*Decize*...............	11.20,4	62.56,1	0,20679	presque calme
30.	*Donzy*...............	11.50,9	63.23,9	0,20388	calme
34.	Nevers..............	11.37,4	63. 3,5	0,20593	presque calme
45.	Pougues-les-Eaux.....	11.50,8	63. 7,8	0,20565	calme
32.	Pouilly-s-Loire.......	12. 7,7	63.18,6	0,20448	calme
40.	*Prémery*.............	11,35,5	63.12,1	0,20511	presque calme
33.	*St-Pierre-le-Moutier*..	11.38,5	62.55,8	0,20711	calme
39.	*Saint-Saulge*........	11.26,4	63. 7,3	0,20540	calme

Les variations séculaires moyennes entre 1896 et 1922 sont, pour chaque département :

Loir-et-Cher...	$\Delta D = -2°.57'$	$\Delta I = -0°.35'$	$\Delta H = +0,0018$
Cher...........	$\Delta D = -2.59$	$\Delta I = -0.35$	$\Delta H = +0,0019$
Nièvre.........	$\Delta D = -3.\ 2$	$\Delta I = -0.32$	$\Delta H = +0,0015$

Ces valeurs moyennes suffisent à faire apercevoir la répartition générale des variations séculaires dans cette bande de terrain qui s'étend à peu près de l'Ouest à l'Est entre Vendôme et Château-Chinon.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Les atmosphériques sur les océans. Leurs caractères météorologiques.* Note [1] de MM. **R. Bureau** et **M. Coyecque**, présentée par M. G. Ferrié.

L'intensité relative et les variations des atmosphériques ont été relevées d'une manière presque ininterrompue dans les derniers voyages météorologiques du *Jacques-Cartier* [2] : Bordeaux, Panama, Vancouver et Vancouver, Panama, Le Havre, accomplis du 28 octobre 1924 au 30 janvier 1925.

---

(1) Séance du 30 mars 1925.

(2) É. Delcambre, *L'œuvre météorologique du* Jacques-Cartier (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1337).

Comme le réseau très dense d'observations de navires (jusqu'à 52 pour une même heure d'observation), concentré chaque jour par T. S. F. à bord du *Jacques-Cartier*, permet de suivre d'une manière exceptionnellement précise la situation météorologique sur l'Océan, les atmosphériques ont pu être comparés sans difficulté, non pas aux phénomènes météorologiques locaux, mais aux perturbations elles-mêmes matérialisées en surface et suivies à travers l'Océan. Voici le résumé des principales conclusions :

L'approche d'un front froid est précédée par l'*apparition* d'atmosphériques dont la violence augmente jusqu'au passage du front. Ces atmosphériques commencent à se faire sentir quelques centaines de milles avant le passage du front (environ 400 la nuit et 250 le jour). Aussitôt après le front, on constate fréquemment une diminution passagère des atmosphériques (quelques heures).

La *diminution passagère* des atmosphériques à la suite des fronts froids concorde avec l'aspect du ciel : au lieu des cumulo-nimbus, on note des strato-cumulus. Les cumulo-nimbus et les atmosphériques violents sont l'un et l'autre une suite de l'instabilité verticale de l'atmosphère. L'aplatissement des nuages (strato-cumulus) et la diminution des atmosphériques sont au contraire les signes d'une stabilisation verticale de l'atmosphère.

Cette diminution des atmosphériques n'est d'ailleurs que provisoire. Ils réapparaissent dans l'air polaire des noyaux de hausse barométrique.

Leur *disparition définitive* est commandée par l'approche plus ou moins rapide d'un noyau de baisse (ou d'un front chaud). Si le noyau de baisse est rejeté hors de la trajectoire par un noyau de hausse jouant en petit le rôle de centre d'action, les atmosphériques ne s'éteignent pas, mais se maintiennent jusqu'à l'arrivée de ceux qui annoncent le prochain front froid. Inversement, l'arrivée rapide d'un noyau de baisse se fait pressentir par la disparition prématurée des atmosphériques de l'air polaire ([1]).

La *régularité* de certains courants de perturbations sur l'Océan entraîne une régularité parallèle des atmosphériques : si l'on considère les noyaux de hausse et de baisse barométrique dans l'intervalle correspondant à la demi-période du courant de perturbations, les atmosphériques apparaissent peu après le passage de la partie centrale du noyau de hausse, subissent fréquemment alors une diminution passagère et disparaissent définitivement après le passage du maximum du noyau de hausse par suite de l'influence de la baisse suivante (cas observé pour une demi-période voisine de 24 heures).

([1]) Ph. Scherechewsky et Ph. Wehrlé, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 235 et 1183.

Les *fronts doubles* sont accompagnés d'atmosphériques d'autant plus violents que les discontinuités météorologiques sont plus prononcées. Le phénomène de disparition provisoire des atmosphériques après le passage du front double est beaucoup moins marqué que dans le cas d'un front froid. Il peut même ne pas être observé.

Les phénomènes restent les mêmes dans les *basses latitudes;* et les atmosphériques continuent en général à y être commandés par les perturbations du front polaire ou leurs prolongations : l'air tropical des secteurs chauds des dépressions, même très méridionales, n'est accompagné d'aucun atmosphérique (¹). Par contre, le prolongement des fronts froids ou des fronts doubles jusque dans les régions subéquatoriales provoque une violente recrudescence d'atmosphériques qui commence à se faire sentir quelques centaines de milles avant le passage du front. *Les atmosphériques sont le phénomène qui met le mieux en évidence le passage des perturbations météorologiques dans les régions tropicales; les autres variables météorologiques (pression, vent, température, humidité) n'accusent ce passage que d'une manière beaucoup plus irrégulière; de plus ils ne dénoncent la perturbation météorologique qu'au moment où elle atteint le poste d'observation, tandis que les atmosphériques l'annoncent plusieurs heures à l'avance.*

Des atmosphériques présentant une périodicité quotidienne ont été observés au sud-est des Bermudes. Ils se rattachaient à un centre d'action anticyclonique de formation récente. Ils apparaissaient au lever du jour pour disparaître au début de la nuit.

En résumé, les phénomènes observés dans l'Atlantique, le Pacifique et la mer des Antilles ont qualitativement la même allure que ceux qui sont observés en France (²). Toutefois, certains résultats numériques sont nettement différents : les fronts froids et les fronts doubles sont annoncés sur l'Océan beaucoup plus tôt qu'en France (quelques centaines de milles au lieu de quelques dizaines de kilomètres). La disparition provisoire des atmosphériques consécutive aux fronts froids est plus longue (quelques heures) sur l'Océan qu'en France où elle n'est observée que pendant un temps assez bref (de l'ordre du quart d'heure) après le passage des lignes de grains.

(¹) Le *Jacques-Cartier*, parvenant dans le secteur sud-est d'un cyclone tropical, a constaté la disparition radicale d'atmosphériques. Phénomène comparable à celui observé à l'approche d'un typhon (V. Gherzi, *Onde électrique*, 3, 1924, p. 490).

(²) R. Bureau, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 589.

MÉTÉOROLOGIE. — *Problèmes pratiques de météorologie concernant l'Afrique occidentale française*. Note (¹) de M. **Henry Hubert**.

Les deux problèmes pratiques de météorologie vers la solution desquels tendent actuellement mes efforts en Afrique occidentale française sont : la prévision, à courte échéance (quelques heures) du passage des grains orageux ; la prévision à longue échéance (2 à 3 mois) de l'ordre de grandeur probable des précipitations dans les différentes parties du pays.

Les études en cours laissent entrevoir que la solution du premier de ces problèmes pourra être obtenue en effectuant régulièrement des sondages aériens et en combinant les renseignements qu'ils donnent avec ceux résultant de l'écoute systématique des parasites atmosphériques.

La solution du second problème est plus délicate. Elle est fonction de plusieurs éléments dont les principaux sont :

1° L'influence de facteurs extérieurs à l'Ouest africain. Il apparaît dès maintenant que les grandes variations des trois centres d'action des Açores, de Sainte-Hélène et de la Sibérie ont une répercussion très nette sur les grandes variations d'intensité et d'extension de la mousson en Afrique occidentale et, par suite, sur les variations ultérieures de la pluviosité.

2° L'influence des conditions régionales. Même avec une exposition en apparence très semblable, certaines régions réagissent d'une façon assez différente sous l'influence de facteurs météorologiques extérieurs à l'Afrique occidentale. Cependant les différences d'un point à l'autre sont assez faibles. Ce sera en tout cas le mérite de chaque observateur local de mettre celles-ci en évidence et d'en tirer parti pour adapter à sa région les observations générales qui lui seront communiquées.

3° Les variations possibles de la position des isohyètes pour chacune des périodes considérées. Si ces variations étaient quelconques le but poursuivi serait vain, puisque de faibles modifications des influences précitées provoqueraient une transformation complète de l'allure des isohyètes, ainsi que cela s'observe dans bien des pays.

Les connaissances progressivement acquises permettent de considérer qu'il n'en est pas ainsi.

a. Malgré des différences considérables dans la quantité d'eau tombée, pour un jour déterminé, dans les différents endroits d'une même région, il

(¹) Séance du 30 mars 1925.

se produit assez rapidement une compensation automatique pour tous les points de cette région, si bien que, pour une période suffisamment longue (une quinzaine en général et un mois au maximum), on peut considérer la quantité d'eau tombée comme pratiquement du même ordre de grandeur pour tous les points de cette région (¹).

b. Les zones recevant pratiquement la même quantité d'eau pour une période suffisamment longue (quinzaine ou mois) occupent des surfaces considérables (¹).

c. La répartition de ces zones n'est pas quelconque. Elles sont progressivement décroissantes de part et d'autre d'une zone centrale et l'ensemble de toutes les zones a des déplacements de même sens aux mêmes époques (²).

d. Quelles que soient les différences observées d'une année à l'autre dans les quantités d'eau tombée pour une période déterminée, certaines stations se groupent toujours entre elles (³).

e. Si grandes que soient, d'une année à l'autre, les variations de la quantité de pluies tombée en Afrique occidentale, il y a, là encore, quasi-permanence du dessin des courbes (⁴), au moins pour la grande majorité d'entre elles. Les variations notables de position s'observent seulement, soit pour les isohyètes extrêmes (50 et 500^{mm}), qui sont localisées dans des régions où ces variations apportent peu de changements; soit, dans un petit nombre de cas, pour les régions méridionales. Même dans les cas de plus grandes variations de position des courbes, il y a toujours des points fixes jouant le rôle de charnières (⁴).

f. Lorsque deux isohyètes d'une même valeur figurent sur une carte, de part et d'autre de la zone maximale, la distance les séparant en latitude ne peut varier qu'entre des limites étroites qu'il a été possible de déterminer.

g. La comparaison des cartes mensuelles des pluies des différentes années avec les cartes normales mensuelles des pluies (établies grâce aux courbes de plus grande fréquence) montre que les variations par excès ou par défaut de la quantité des pluies tombées se prolongent avec le même signe pendant de longues périodes (plusieurs mois) et sur des étendues considérables (souvent l'ensemble de l'Afrique occidentale). Dans le temps comme dans

---

(¹) H. HUBERT, *Le Service météorologique de l'A. O. F. en* 1922.

(²) H. HUBERT, *Comptes rendus*, 160, 1915, p. 606.

(³) Cette observation acquiert un intérêt particulier pour l'établissement des cartes de pluies au cas d'anomalies en certains endroits.

(⁴) H. HUBERT, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 945.

l'espace, ces variations sont progressivement décroissantes à partir d'un centre, normalement situé dans la zone maximale.

Les considérations précédentes permettent de construire, pour un mois quelconque, la carte des pluies de l'Afrique occidentale, dès qu'on connaît la hauteur d'eau tombée en un petit nombre de points. Si, pour quelques localités convenablement choisies, l'ordre de grandeur des précipitations peut être déduit, deux ou trois mois à l'avance, de la connaissance de certaines observations extérieures à l'Ouest africain, la carte des précipitations de cette partie du continent peut être établie aussitôt.

BOTANIQUE. — *Sur le sac embryonnaire des Dipsacées*. Note de M. P. Lavialle, présentée par M. Guignard.

Le sac embryonnaire des Dipsacées présente des particularités de structure qui ont été interprétées de façons différentes par les auteurs qui l'ont étudié. C'est la région inférieure de cet organe, occupée par les cellules antipodes, qui a donné lieu à ces divergences d'opinion. On a admis, notamment, que, dans le *Knautia arvensis* (1), les cellules du nucelle qui bordent le sac embryonnaire à la base, se multiplient de façon à former une sorte de gaine entourant les cellules antipodes, qui ne subiraient elles-mêmes aucune division. Par contre, dans le *Morina longifolia* (2), les antipodes se diviseraient et se mettraient en relation avec un cordon de cellules allongées, situées sous la chalaze, et avec lesquelles elles constitueraient une sorte de tissu nourricier.

En réalité, le nucelle est très fugace chez *Knautia arvensis*, comme chez les Gamopétales en général. Il n'en reste plus trace, bien avant la fécondation, et le sac embryonnaire se trouve tapissé, de la base jusqu'au sommet, par l'épiderme interne du tégument.

De plus, l'allongement des cellules sous-chalaziennes, chez *Morina longifolia*, n'est pas un fait général dans la famille, où la plupart des espèces ont un sac très profondément enfoui; de sorte que la chalaze n'est séparée de la boucle vasculaire simple qui nourrit l'ovule et de l'épiderme externe, que par un très petit nombre d'assises de cellules isodiamétriques.

(1) Molliard, *Sur le sort des cellules antipodes chez* Knautia arvensis *Coultr.* (*Bull. de la Soc. Bot. de France*, 42, 1895, p. 9).

(2) Gabrielle Balcka-Iwanowska, *Contribution à l'étude du sac embryonnaire chez certaines Gamopétales* (*Flora*, 86, 1899, p. 65).

Voici les faits observés au cours du développement du sac embryonnaire de quelques Dipsacées.

Chez *Knautia arvensis* Coult. pris comme type, la cellule-mère initiale prend naissance immédiatement sous l'épiderme du nucelle réduit à un très petit mamelon. Cette cellule grandit, puis subit des divisions successives aboutissant à une série radiale de quatre cellules séparées de l'épiderme du nucelle par une seule assise aplatie. La cellule la plus interne grandit et devient le sac embryonnaire, pendant que les trois autres se résorbent. Il n'y a donc pas d'anticlines.

Le noyau du jeune sac subit trois divisions successives, les huit noyaux qui en résultent se répartissent normalement, et les deux noyaux polaires se fusionnent en un gros noyau secondaire. Les antipodes se disposent, côte à côte, au fond du sac assez dilaté à la base, tout au moins pendant un certain temps.

A ce moment-là, les cellules du nucelle, y compris l'épiderme, sont complètement résorbées, et le sac tout entier est limité par l'épiderme interne du tégument ovulaire, dont les cellules sont très différenciées (tapis), à contenu très dense et à gros noyaux.

Le tégument ovulaire est divisé, d'assez bonne heure, en deux zones d'inégale importance : l'une, externe, épaisse; l'autre, interne, réduite et formée d'éléments allongés dans le sens tangentiel.

On remarque alors cinq faits importants :

1° Les cellules du tapis qui se trouvent au niveau des antipodes se divisent tangentiellement et donnent naissance à un manchon de cellules, qui entoure et comprime les antipodes et qui peut même les dépasser vers la région supérieure dilatée du sac.

2° Les trois antipodes, primitivement juxtaposées, se superposent suivant l'axe du sac. Puis, l'antipode interne s'hypertrophie fortement, de façon à donner à la série entière l'apparence d'un bilboquet. Simultanément, il se produit un cloisonnement des antipodes sous-jacentes, qui peut porter leur nombre à quatre ou cinq. L'antipode hypertrophiée est pourvue d'un très gros noyau et son contenu, de couleur jaune, très dense, est versé dans la cavité du sac par rupture de la membrane.

L'antipode sous-jacente s'hypertrophie ensuite à son tour, en prenant les mêmes caractères que la précédente, pendant qu'un nouveau cloisonnement maintient le nombre de ces cellules à cinq environ.

Le même phénomène se renouvelle encore, et j'ai pu évaluer, avec certitude, à quatre ou cinq au moins, le nombre des antipodes qui s'hypertro-

phient, s'égrènent et versent ainsi successivement leur contenu dans la cavité du sac.

3° Les cellules périantipodaires se gonflent aussi, fortement, dans la partie supérieure du manchon, et s'ouvrent, comme les antipodes, pour livrer leur contenu très dense et jaune.

4° Les substances apportées par les antipodes et par la gaine antipodaire se mélangent immédiatement entre elles, mais pas avec le contenu du sac, qui est très nettement refoulé (noyaux compris) vers le canal micropylaire.

5° Enfin, les cellules du tapis qui limitent la partie renflée du sac, au-dessus des antipodes, se détachent, soit isolément, soit par groupes de deux ou trois; leurs noyaux perdent leur affinité pour les colorants et, finalement, leur masse perd toute structure et se mélange au contenu du sac.

La continuité du tapis, détruite temporairement, est rétablie par l'intervention des cellules de la zone interne du tégument. Le sac ne s'agrandit, d'ailleurs, avant la fécondation, que grâce à ces chutes périphériques, car il n'y a pas de résorption dans la zone interne du tégument ovulaire.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le croisement Orge noire à barbes lisses × Orge blanche à barbes rugueuses (Orge Albert).* Note de M. **H. Colin** et de Mlle **Y. Trouard-Riolle**, présentée par M. Guignard.

Il s'agit de l'hybridation dont nous avons décrite précédemment [1] les deux premières générations F_1 et F_2 et que nous voyons maintenant avec un recul de quatre années, ayant récolté et examiné un à un, en F_3 2500 épis environ et en F_4 plus de 10000. Les expériences ont été faites en double, à Paris et à Préblame (Indre) dans la propriété de M. Trouard-Riolle.

Voici, en dehors de toute préoccupation théorique, les traits essentiels de chacune des générations successives; les détails et les statistiques complètes feront l'objet d'un mémoire plus étendu.

F_1. Les caractères rugueux et noir passent pour dominants; nous avons obtenu, en effet, un certain nombre (11) d'épis noirs rugueux typiques dont la rugosité toutefois est loin d'être aussi accusée que sur le parent Orge Albert; les autres épis (66) sont rugueux (17), lisses rugueux (19) ou lisses (30) avec le grain noir ou plus ou moins lavé et des barbes noires ou grises mélangées de barbes blanches; sur certains épis, lisses ou rugueux, toutes les barbes sont blanches.

---

(1) H. Colin et Mlle Y. Trouard-Riolle, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 854.

F_2. Parmi les épis rugueux ou simplement lisses rugueux récoltés en F_1, quelle que soit la teinte des barbes, plusieurs se dissocient en F_2, donnant une grande variété de formes, parmi lesquelles on distingue les deux parents et les intermédiaires prévus par la théorie mendélienne. Les grains provenant d'épis lisses en F_1 reproduisent en F_2 des épis lisses, gris ou noirs.

F_3 et F_4. Nous rendrons compte du rythme de la dissociation, du sort des diverses formes apparues en F_2 et de la descendance des épis lisses dès F_1.

Rythme de la dissociation. — La dissociation de l'hybride classique noir-rugueux se ralentit rapidement; l'intermédiaire blanc-lisse, assez fréquent en F_2, l'est beaucoup moins en F_3 et ne s'est plus montré en F_4 bien que les plants fussent au nombre d'une soixantaine. Les épis récoltés en F_4 se répartissent ainsi :

NR 264, GR 63, GLR 94, BR 48.

Il semble que le type rugueux, noir ou gris, tende à se fixer.

Les produits de la dissociation. — On examinera successivement les parents, noir-lisse et blanc-rugueux, ainsi que les intermédiaires les plus remarquables, le blanc, lisse, le gris, rugueux et le lisse rugueux de couleur blanche ou noire.

Le parent noir-lisse. — La question intéressante est de savoir si, dès que le type lisse réapparaît, la rugosité est définitivement éliminée de la descendance. Il n'en est rien. On a obtenu en F_3 une population hétérogène où, parmi les épis franchement lisses, se rencontrent des formes rugueuses. Voici le résultat d'un semis entre autres :

NL 19, GL 6, BL 2, NLR 3, GLR 2, BLR 2, NR 1, GR 1, BR 1.

En F_4, les noirs, lisses ont reproduit fidèlement des noirs-lisses, tandis que les noirs plus ou moins rugueux ont donné des épis lisses ou rugueux, les deux formes se rencontrant parfois sur la même plante.

Le parent blanc-rugueux. — Les épis issus en F_3 du parent blanc-rugueux réapparu en F_2 sont blancs; ponr ce qui est de la rugosité, on a compté dans une seule parcelle :

R 101, LR 84, BL 38.

Ces trois types semés en F_4 ont donné, le premier une masse d'épis rugueux (484), mais aussi des intermédiaires (63) et même des épis lisses (7); le second, une forte proportion d'épis lisses (242) et quelques épis lisses rugueux (59); le troisième, surtout des lisses rugueux (19) et quelques rugueux francs (2).

L'intermédiaire blanc-lisse, apparu en F_2 n'est pas, lui non plus, immédiatement stable; sa descendance est blanche, lisse dans l'ensemble, mais comporte en F_3 un tiers environ d'épis lisses-rugueux et un huitième de rugueux francs. Les épis lisses semés en F_4 donnent une récolte un peu plus homogène :

L 273, LR 83, R 36.

L'intermédiaire gris-rugueux n'est pas davantage fixé dès F_2 ; un grand nombre d'épis de cette catégorie se reproduisent identiques en F_3, le gris se faisant plus pâle; d'autres se dissocient à la façon des noirs-rugueux. Les mêmes faits se répètent en F_4, la proportion des gris-rugeux étant beaucoup plus forte.

Les intermédiaires lisses-rugueux sont blancs, gris ou noirs; nous n'avons suivi que les blancs et les noirs. Les premiers ont donné en F_3 une population d'individus blancs, rugueux à tous les degrés, avec un bon nombre d'épis lisses. Le type lisse rugueux semé l'année suivante laisse une progéniture (F_4) uniformément blanche où les épis lisses sont moins nombreux qu'en F_3.

Quant à l'intermédiaire de couleur noire, il se dissocie fréquemment en F_3 à la façon d'un noir-rugueux authentique; F_4 ne présente plus que des épis rugueux, blancs ou noirs.

Descendance en F_3 et F_4 des épis lisses dès F_1. — Les épis lisses sont en immense majorité; mais il s'en trouve aussi de plus ou moins rugueux. La fluctuation de couleur est très prononcée; il n'est pas rare de rencontrer des épis blancs lisses que l'on croirait issus de la dissociation des noirs-rugueux; il s'agit de tout autre chose; la couleur noire, en effet, réapparaît dans la descendance.

Quatre ans après le croisement, l'hybridation n'a donc pas fini de faire sentir son influence, bien que nombre de formes tendent à se fixer. En dépit de détails discordants, le schéma mendélien reste apparent dans ses grandes lignes; mais *aucun des types qui émanent de l'hybride classique à deux dominantes ne se montre immédiatement stable ;* une sélection ultérieure est donc indispensable. On remarquera combien les vicissitudes de la rugosité, au cours des générations successives, diffèrent de celles de la couleur. A ceux qui s'en étonneraient, nous ferons observer que le parent lisse ne l'est que relativement; les barbes à leur extrémité, les glumes, souvent même les côtes du caryopse présentent des crochets dont le nombre et l'importance varient d'un grain à l'autre.

PHYSIOLOGIE. — *Action préventive de l'anthorine vis-à-vis de l'aconitine.* Note de MM. **A. Goris** et **M. Métin**, présentée par M. Roux.

Le mot *Anthora*, appliqué à une espèce d'Aconit, signifie étymologiquement « contre le Thora », qui désigne l'*A. Napellus*. Cette dénomination doit provenir d'observations empiriques traduisant une action antagoniste entre l'A. Anthora et l'A. Napel, le premier provoquant une immunisation contre les effets toxiques du second.

Nous avons voulu vérifier si l'expérimentation physiologique confirmait ces observations en nous adressant aux principes actifs de ces plantes; l'aconitine de l'*A. Napellus* L. et l'anthorine que nous venions d'isoler de l'*A. Anthora* L.

On a pris deux cobayes de poids déterminé. Au premier on a injecté tout d'abord $0^{g},015$ de sulfate d'anthorine, dose inférieure à la dose mortelle, mais suffisante pour provoquer des phénomènes de paralysie légère des membres antérieurs. Au bout de deux heures, on a injecté à ce cobaye et au cobaye témoin la dose mortelle minima d'aconitine, soit $0^{g},00000007$ par gramme de cobaye et que nous désignons, pour plus de commodité, sous le nom de 7 unités toxiques; l'unité toxique de l'aconitine pour le cobaye étant le cent-millième de milligramme ($0^{mg},00000001$).

Le tableau suivant relate nos résultats :

	Cobaye témoin (poids 530^{g}).	Cobaye expérimenté (poids 600^{g}).
A $11^{h}30^{m}$.....	—	Injection de $0^{g},015$ de sulfate d'anthorine.
A $13^{h}30^{m}$.....	Injection de 7 unités toxiques d'aconitine par gramme, soit 0,000037 au total.	Injection de 7 unités toxiques d'aconitine par gramme, soit 0,000042 au total.
A $13^{h}40^{m}$.....	Hoquets, cris.	Aucun symptôme.
A 14^{h}........	L'animal bave, se débat; grande agitation. Paralysie complète des membres postérieurs.	Quelques hoquets très légers. Aucun symptôme.
A 16^{h}........	Mort.	Survit.

L'anthorine a donc une action protectrice réelle contre la dose mortelle d'aconitine.

On a alors cherché la limite de cette protection vis-à-vis de doses plus fortes d'aconitine, en opérant sur 6 cobayes de même poids, auxquels on a injecté des doses de plus en plus grandes d'aconitine.

	Témoin.	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
I........	0	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
II........	7	7	8	9	10	11

I. Injection de sulfate d'anthorine. — II. Nombre d'unités toxiques d'aconitine injectées.

Résultats. — Témoin : Mort. — N° 1 : Aucune réaction; survit. — N° 2 : Symptômes légers d'intoxication; survit. — N° 3 : Symptômes un peu plus marqués; survit. — N° 4 : Symptômes très nets : hoquets, cris, sursaut; survit. — N° 5 : Meurt après 55 minutes d'agitation aconitique.

Il résulte donc de cette expérience que l'action protectrice de l'anthorine permet d'élever de 7 unités à 11 unités, soit de 50 pour 100, le minimum de la dose mortelle d'aconitine pour le cobaye.

Il s'agissait alors de déterminer pendant combien de temps l'anthorine pouvait protéger le cobaye contre la dose mortelle d'aconitine.

On a donc entrepris une série d'expériences dont les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Cobayes.	Dose d'anthorine injectée.	Temps de repos avant l'injection d'aconitine.	Nombre d'unités toxiques d'aconitine injectées.
N° 1.................	0,015	17 heures	7
N° 2.................	0,015	24 »	7
N° 3.................	0,015	40 »	7

Résultats. — N° 1 : Survit. — N° 2 : Survit après quelques symptômes d'intoxication. — N° 3 : Mort au bout de 4 heures.

Après 40 heures, l'anthorine est éliminée de l'organisme et ne peut plus protéger le cobaye contre la dose mortelle d'aconitine.

La dose de 0g,015 d'anthorine ayant été prise un peu arbitrairement, nous avons voulu voir jusqu'à quelle limite on pourrait diminuer cette dose pour obtenir encore un effet protecteur. A quatre cobayes de même poids, on a injecté des doses décroissantes d'anthorine, et, deux heures après, la dose minima mortelle d'aconitine.

Les résultats furent les suivants :

	Cobaye n° 1.	Cobaye n° 2.	Cobaye n° 3.	Cobaye n° 4.
A 12h....	Anthorine 0g,005.	Anthorine 0g,003.	Anthorine 0g,002.	Anthorine 0g,001.
A 2h....	Aconitine 7 unités toxiques.	Aconitine 7 unités toxiques.	Aconitine 7 unités toxiques.	Aconitine 7 unités toxiques.
A 3h....	Hoquets, tremblements; pas de cris, pas de sursauts; paralysie de l'arrière-train.	Phénomènes d'intoxication nets.	Phénomènes prolongés d'intoxication.	
A 6h....	Paralysie moins prononcée. Survit.	Très malade, mais paraît sauvé. Survit.	Mort 16 heures après l'injection.	Mort 2 heures après l'injection.

On peut constater qu'au fur et à mesure que la dose d'anthorine diminue, les symptômes d'intoxication par l'aconitine sont plus manifestes et plus durables, et qu'à la dose de 0g,001 l'action est nulle.

L'injection d'une plus forte dose d'anthorine (0g,022) ou son injection répétée

(3 fois 0g,015 de 2 en 2 heures) n'augmente pas le pouvoir protecteur de cet alcaloïde.

L'action de l'anthorine est bien une action protectrice préventive, car si l'on injecte 0g,015 d'anthorine, et immédiatement après la dose mortelle de 7 unités toxiques d'aconitine, le cobaye présente les symptômes d'intoxication aiguë, mais il survit cependant à l'injection de cette dose mortelle. Il faut injecter 8 unités toxiques pour provoquer la mort.

L'anthorine injectée aussitôt après l'injection de l'aconitine n'a aucune influence ni sur les symptômes, ni sur l'issue de l'empoisonnement.

L'anthorine n'agit donc pas comme un antidote, et nous pouvons conclure à une propriété phylactique de cet alcaloïde vis-à-vis de l'aconitine.

Cette action protectrice s'exerce contre une dose supérieure de 50 pour 100 à la dose mortelle; elle se prolonge pendant 24 heures au moins.

Le mécanisme de cette action phylactique nous échappe encore, mais il semble que l'anthorine se fixe sur les cellules nerveuses, et empêche l'aconitine de venir s'y fixer.

CYTOLOGIE. — *Sur l'exacte concordance des caractères du vacuome et de l'appareil de Golgi classique.* Note (1) de MM. **M. Parat** et **J. Painlevé**, présentée par M. Henneguy.

De nouvelles recherches nous permettent aujourd'hui de préciser certains caractères du *vacuome* de la cellule des Métazoaires :

a. Constance. — Toutes les cellules vivantes possèdent un vacuome; les colorations vitales faites avec soin, en évitant l'accumulation exagérée du colorant, le mettent parfaitement en évidence; mais lorsqu'on a repéré sa position dans une cellule, il est facile de le retrouver sans coloration préalable, à condition d'être naturellement dans de bonnes conditions optiques. Des larves aquatiques comme celles du Chironome (en raison de la dimension de certaines de ses cellules) de la Corèthre, de *Mochlonyx*, sont particulièrement favorables à ces examens. Les embryons ou alevins de certains Poissons, quand ils sont transparents, sont spécialement instructifs à cet égard.

b. Position. — Elle varie avec chaque espèce cellulaire, mais elle est sensiblement constante pour une espèce. Le vacuome est généralement groupé en une zone précise de la cellule (il est diffus cependant dans les cellules des centres nerveux). Certaines localisations entraînent des dispositions singulières et caractéristiques : c'est le cas des deux zones, concen-

(1) Séance du 30 mars 1925.

triques par rapport au noyau, du vacuome de la cellule nerveuse de la Sangsue. Il semble que certaines polarisations (qui affectent également le chondriome) coïncident avec la présence du centrosome des auteurs (leucocytes mononucléaires, cellules de l'épithélium de Descemet, œufs de Batraciens avant la vitellogenèse, cellules endothéliales du péricarde, cellule pancréatique, etc.).

c. Dimension. — Le groupement vacuolaire, occupant une zone bien déterminée dans la cellule, ne dépasse pas une limite de volume assez constante pour chaque espèce cellulaire. Les vacuoles peuvent être ou de dimensions sensiblement égales (leucocytes mononucléaires, épithélium de Descemet, cellules endothéliales du péricarde) ou de tailles variées (intestin) dans une même cellule. Elles peuvent être de même volume dans une cellule et en atteindre un beaucoup plus considérable dans une cellule voisine et de même espèce (ganglions rachidiens et sympathiques).

d. Contenu. — Il ne s'agit point de lipoïdes ([1]); le contenu est le plus souvent liquide et de réaction franchement acide. L'absence de *coagulum* laisse à penser que l'on a affaire, dans la majorité des cas, à une solution de cristalloïdes; mais il est de fait que certains colloïdes non miscibles avec le protoplasma ambiant peuvent s'y accumuler, s'y concentrer même, à la façon des grains d'aleurone dans la cellule végétale (Guilliermond, P. Dangeard) : c'est le cas des grains de sécrétion (vacuoles rhagiocrines de Renaut). Lorsque le contenu des vacuoles n'est pas trop concentré, il présente sur le vivant une remarquable affinité sélective pour certains colorants basiques, au premier rang desquels nous citerons le rouge neutre en raison de son infime nocivité et de la constance de son absorption.

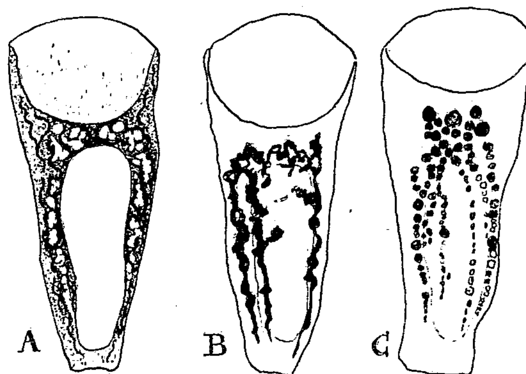
En résumé, les caractères de constance, de position, de dimension s'accordent pour étayer fortement l'homologation du vacuome et de l'appareil de Golgi que nous avons établie antérieurement. Les recherches de l'un de nous avec P. Bergeot ont permis en outre de démontrer que l'on peut par la technique de Dietrich mettre en évidence, sur les coupes à la paraffine, un appareil cellulaire vacuolaire identique, d'une part, à celui qui est colorable *in vivo* par le rouge neutre et, d'autre part, à celui que Golgi en personne a décrit et figuré dans les cellules épithéliales à mucus de l'estomac des Batraciens (voir la figure).

D'ailleurs, indépendamment de nous et tout récemment, sur pièces fixées par la méthode de Regaud, un disciple de Golgi, A. Corti ([2]), a démontré

([1]) PARAT et BERGEOT, *C. R. Soc. Biol.*, 92, 1925, p. 868.

([2]) *Ricerche di Morfologia*, 4, 1924, fasc. unico.

l'existence de « lacunes » (« lacunome ») correspondant exactement aux « vacuoles » (« vacuome ») que nous avons décelées antérieurement par les colorations vitales et concordant parfaitement avec l'appareil de Golgi, partiellement avec l'appareil de Holmgren.



Cellules muqueuses de l'épithélium gastrique de Triton. A, technique de Dietrich : chondriocontes en noir et vacuome en blanc; B, technique de Da Fano : appareil de Golgi; C, coloration vitale au rouge neutre : vacuome.

Les caractères du vacuome sont donc indiscutablement superposables à ceux de l'appareil de Golgi classique et répondent d'eux-mêmes aux critiques formulées récemment par Avel ([1]). Cet auteur a du reste précédemment décrit ([2]) dans le rein des Amphibiens, avec les techniques classiques de Cajal et de Kopsch un appareil (que nous avons nous-mêmes obtenu par la technique de Da Fano) formé de « nodosités unies par des liens très lâches pouvant manquer » ou de « fuseaux irréguliers et ventrus dans leur partie médiane » ou de filaments « extrêmement variqueux », localisé à certaines régions des cellules où nous trouvions, par l'examen vital, des vacuoles de constance, de position et de dimension rigoureusement identiques.

Il plaît aujourd'hui à Avel de supprimer d'un trait de plume la technique de Golgi, de rejeter celle de Cajal, deux « classiques » pourtant et non des moindres, pour adopter un procédé personnel dont l'exposé reste imprécis. Nous ferons simplement remarquer, d'après les propres expressions de l'auteur, que son appareil, si bien décrit et figuré autrefois, subit aujourd'hui une réduction de volume qui l'amène à n'être plus tantôt qu'un « réseau plus ou moins lâche », tantôt que des « bâtonnets séparés »; le tout apparaît à la suite d'imprégnations par « l'osmium qui finit par se précipiter partout dans le cytoplasme, en particulier autour des vacuoles » et ne correspond,

([1]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 959.
([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 90, 1924, p. 794.

de l'aveu même de l'auteur, à rien de visible sur le vivant, à rien de visible sur les pièces fixées.

Le *vacuome* au contraire se voit sur le vivant, sur les pièces fixées, concorde par ses caractères de constance, de position et de dimension avec l'appareil de Golgi classique et joue manifestement un rôle de premier plan dans la physiologie cellulaire à côté du chondriome et du noyau.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'action des facteurs externes sur les Infusoires. La conjugaison du* Glaucoma scintillans *déterminée par modification de la proportion des constituants d'un milieu chimiquement défini.* Note de M. **Édouard Chatton** et Mme **Chatton**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons montré antérieurement [1] que l'on peut provoquer à volonté la conjugaison du *Glaucoma scintillans* dans des cultures où cet Infusoire ne se conjugue jamais, soit en ajoutant au milieu de culture de faibles doses de certains électrolytes, soit en modifiant la flore bactérienne associée aux Infusoires. Tout en poursuivant l'étude de l'action zygogène des sels et des bactéries, nous avons cherché à simplifier les conditions expérimentales en utilisant, non plus des milieux nutritifs complexes tels que les décoctions végétales, mais des mélanges simples et constants de corps chimiquement définis. Celui auquel nous nous sommes arrêtés est analogue à ceux que l'on emploie pour la culture des Colibacilles et du B. pyocyanique, mais il est additionné de glucose qui permet la culture de bactéries à pouvoir de synthèse plus restreint tels que le *B. fluorescens*. Le glucose a d'ailleurs une action favorisante très nette sur la poussée des Infusoires. Ce milieu est constitué ainsi : lactate d'ammoniaque, 2^g; phosphate bipotassique, $0^g,8$; chlorure de sodium, $0^g,3$; glucose, $0^g,5$; eau distillée, 1000.

Les conditions culturales seraient plus simples encore, si nous pouvions cultiver le *Glaucoma scintillans*, comme le *Glaucoma piriformis* de A. Lwoff (1923-1924) à l'état pur, sans bactéries, aux dépens des aliments liquides. Mais le *G. scintillans*, tout à fait favorable aux recherches par son aptitude à la conjugaison, ne paraît pas pouvoir se passer de bactéries, et nous n'avons point trouvé jusqu'ici d'Infusoire qui offre simultanément les deux avantages.

Notre technique de culture est celle que nous avons indiquée dans notre

(1) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1091 et 1262.

première Note. Elle assure la constance des conditions de volume, d'oxygénation et de température.

Dans notre milieu, ensemencé avec la culture pure-mixte *Glaucoma scintillans-B. fluorescens*, la poussée bactérienne devance la poussée infusorienne en troublant le milieu. Mais celui-ci est progressivement éclairci par les Infusoires qui ont totalement épuisé les bactéries au 5e jour. La culture atteint alors la densité moyenne de 12 à 15000 par centimètre cube. La poussée infusorienne est dès lors arrêtée, autant, semble-t-il, par intoxication que par inanition, car l'addition d'une dose supplémentaire d'aliment bactérien ne détermine plus qu'une poussée insignifiante. C'est la phase que nous avons appelée la « crise culturale ». A partir de ce moment, le protoplasme des Ciliés, jusque-là chargé de bols alimentaires, devient clair et homogène. Les individus diminuent de volume et se raréfient progressivement. La culture est généralement éteinte au 15e jour.

Dans ces conditions, les Infusoires, repiqués tous les 10 jours, évoluent suivant le même rythme, donnant au 5e jour la même densité, ce qui témoigne d'un pouvoir de multiplication constant pendant la période de poussée. En fait, nous n'avons jamais perçu dans nos cultures de signes de sénescence ou de dépression, soit cyclique, au sens de Maupas-Calkins, soit rythmique, au sens de Woodruff. Jamais non plus nous n'y voyons se produire des conjugaisons.

La vitalité des Infusoires ainsi cultivés nous paraît donc indéfinie et ne point nécessiter l'intervention de la conjugaison. En cela nos recherches confirment les résultats obtenus par Woodruff et Métalnikoff. Mais tandis que ces auteurs se bornent à cette démonstration, nous montrons que, dans de telles cultures où elle n'intervient jamais, la conjugaison peut être déterminée par de minimes modifications du milieu.

Dans nos cultures en milieu défini, nous sommes parvenus à la provoquer en modifiant les proportions des différents constituants du milieu, en diminuant la dose du mélange salin (lactate, phosphate, chlorure) par rapport à la dose de sucre. Nous n'obtenons la conjugaison que pour une concentration de ces sels correspondant aux chiffres de 0g,6, 0g,25, 0g,1 pour 1000, qui sont par rapport à ceux du milieu d'entretien dans la proportion de 1 : 10 à 1 : 3. Cet abaissement de la concentration est nécessaire, car on n'obtient pas la conjugaison pour des doses plus fortes, même en élevant la dose de sucre. Cette concentration saline convenable étant réalisée, la dose minima zygozène de glucose est de 0g,5 pour 1000, mais elle peut être portée sans inconvénient jusqu'à 1g,2 pour 1000. Ainsi, si le rapport de la

dose de sels par rapport à la dose de glucose intervient dans le déterminisme de la conjugaison, ce n'est qu'à la condition qu'une certaine concentration de sels ne soit pas dépassée et qu'une certaine concentration de glucose soit atteinte. Il est à remarquer que ces modifications du milieu n'ont pas d'influence sur la densité de la culture infusorienne. Nous ne sommes pas à même de dire si elles agissent directement sur les Infusoires, ou si elles produisent leur effet par l'intermédiaire de la bactérie associée. Le fait démontré par Peters et par Lwoff, que les Infusoires peuvent absorber directement les substances dissoutes, permet de concevoir comme probable une action directe.

Dans ces cultures zygogènes en milieu défini, comme dans nos autres cultures zygogènes, la conjugaison ne se produit qu'au moment de la crise culturale. Mais c'est une règle générale que celle-ci soit avancée de 24 et même de 48 heures, et qu'elle se manifeste dans toutes ces cultures zygogènes avant l'épuisement complet du milieu en bactéries, ce qui est le signe d'une intoxication précoce. Cette intoxication est elle elle-même la cause de la zygose, ou la détermine-t-elle en inhibant la nutrition des Ciliés, en les inanitiant, c'est ce que nous recherchons.

Tels sont les faits jusqu'ici acquis. Il en ressort que les Infusoires répondent par la conjugaison, comme l'œuf répond souvent par la parthénogénèse à des actions à première vue très différentes, mais sous la diversité desquelles apparaîtra sans doute un mécanisme unique. Il en ressort surtout que la conjugaison n'est pas, comme l'avait écrit Maupas, et comme on l'a considérée longtemps après lui, un phénomène périodique, inhérent à des causes internes et indépendant des conditions de milieu, mais qu'il est au contraire directement conditionné par des facteurs externes d'ordre physico-chimique et qu'il est, partant, accessible à une analyse expérimentale précise.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Sur les altérations cytoplasmiques et nucléaires au cours de l'évolution de la grasserie du ver à soie.* Note de M. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Les auteurs, comme Prowazek, Komarek et Breindl, qui admettent que les maladies du noyau (ou maladies des polyèdres) chez les Insectes sont causées par un Chlamydozoaire intranucléaire, ont employé, pour mettre en évidence le parasite, les méthodes histologiques ordinaires de fixation et de coloration; or il paraît établi que les liquides fixateurs utilisés par ces auteurs, sublimé alcoolique de Schaudinn, mélanges de Bouin, de Zenker, etc.

ne donnent pas toujours l'image exacte de la structure cellulaire; leur action coagulante, trop énergique, entraîne des modifications de forme plus ou moins profondes qui peuvent être la cause d'erreurs d'interprétation, ainsi que nous le verrons au cours de cette étude. Le formol salé (formol du commerce à 20 pour 100 dans une solution de chlorure de sodium à 10 pour 1000 dans l'eau distillée) ne présente pas les mêmes inconvénients et donne une image plus exacte de la structure de certaines parties constitutives de la cellule. Il a été préconisé par Policard et Noël pour l'étude du chondriome de la cellule animale, mais il donne aussi d'excellents résultats pour l'étude des autres éléments de la cellule, celle du noyau en particulier. L'application de cette méthode à l'étude des altérations cytologiques au cours de l'évolution de la grasserie du ver à soie nous a permis de compléter les observations d'autres auteurs et, de plus, de relever certaines erreurs d'interprétation :

Les vers à soie sont ouverts longitudinalement sur la face ventrale et immergés pendant un mois au moins dans le formol salé; la postchromisation (solution de bichromate de potasse à 3 pour 100 dans l'eau distillée), nécessaire pour l'étude du chondriome, doit avoir une durée de 25 à 30 jours. Les coupes sont colorées à l'hématoxyline au fer de Heidenhain ou suivant la méthode de Kull (fuchsine acide anilinée-bleu de toluidine); cette dernière méthode est celle qui nous a donné les meilleurs résultats. Les frottis de sang ont été colorés avec le mélange de Giemsa après dessiccation et fixation à l'alcool méthylique.

Les cellules sanguines, contrairement aux observations faites par Komarek et Breindl dans l'étude de la « polyederkrankheit » des chenilles de *Lymantria monacha*, sont les premières dans lesquelles on observe les symptômes caractéristiques de la maladie. Sur frottis colorés au mélange de Giemsa, on observe, 24 à 48 heures après l'inoculation de virus, une sorte de condensation d'une partie de la substance nucléaire; cette condensation se manifeste par l'apparition, dans le noyau de la cellule, de deux zones concentriques diversement colorées, la zone centrale, plus intensément colorée que la zone périphérique. En même temps, on peut observer que les grains de chromatine perdent peu à peu leur netteté et leur individualité; les corpuscules polyédriques prennent ensuite naissance dans la masse nucléaire plus ou moins laquée. Les cellules trachéennes sont aussi très sensibles à l'action du virus; les cellules hypodermiques et adipeuses ont une sensibilité un peu moindre; les autres cellules offrent une résistance très nette à l'action du virus.

Sur coupes colorées d'après la méthode de Kull, on observe deux sortes

d'altérations cellulaires; les unes ont pour siège le cytoplasme; les autres, le noyau; les premières n'ont jamais été mentionnées jusqu'ici. Pour simplifier l'exposé des faits observés, nous étudierons le processus de ces différentes altérations dans la cellule adipeuse.

1° *Altérations cytoplasmiques.* — Le chondriome de la cellule normale est constitué généralement par de longs chondriocontes plus ou moins sinueux, disposés entre les globules de graisse; ils se colorent en rouge par la fuchsine acide. Dans les cellules en voie d'infection, les filaments mitochondriaux se fragmentent et donnent naissance à des grains arrondis de grosseur variable et répartis uniformément dans toute la masse cytoplasmique. Des altérations semblables se manifestent dans les autres cellules sensibles à l'infection. Cette altération du chondriome paraît constituer le premier signe de l'activité parasitaire du virus de la grasserie.

2° *Altérations nucléaires.* — Dans les cellules adipeuses normales, le noyau est formé de grains de chromatine bien isolés les uns des autres et de nucléoles régulièrement arrondis et répartis uniformément dans la masse du noyau; le nombre de ces nucléoles n'est pas constant mais il est généralement supérieur à dix; ils se colorent en rouge par la fuchsine acide. Dans les cellules en voie d'infection, ils subissent des altérations profondes qui ne paraissent pas avoir été mentionnées jusqu'ici : ils perdent leur forme arrondie; leurs contours deviennent plus ou moins déchiquetés; puis ils tendent à s'agglomérer et semblent enfin disparaître. La chromatine est en même temps le siège de modifications importantes : comme dans les cellules sanguines, on observe une sorte de condensation de cette substance et la formation d'une ou plusieurs masses de grosseur et de forme irrégulières; les grains de chromatine perdent leur netteté et sont de moins en moins visibles. Tous les auteurs ont noté l'existence de ces masses, mais aucun ne paraît avoir décelé leur véritable structure. Prowazek les décrit comme des masses réticulées ou granuleuses; elles présentent en effet ce double aspect après fixation aux mélanges de Bouin ou de Zenker. Mais après fixation au formol salé et coloration suivant la méthode de Kull, l'aspect est tout différent : la masse colorée en bleu pâle par le bleu de toluidine apparaît tachée de petits points rouges régulièrement arrondis et uniformément dispersés à la surface : il ne s'agit nullement de corpuscules métachromatiques mais de grains colorables par la fuchsine acide et dont l'origine nucléolaire ne paraît faire aucun doute.

Les cristalloïdes polyédriques prennent naissance dans le noyau, quelquefois à l'intérieur des masses de chromatine, mais le plus souvent dans la chromatine plus ou moins diffuse qui entoure ces masses.

Nous n'avons jamais observé, dans l'intérieur du noyau des cellules en voie d'infection, les inclusions décrites par Prowazek ni celles observées par Komarek et Breindl dans les corps polyédriques. Nous considérons ces inclusions comme des artéfacts.

Nous résumerons ainsi notre opinion actuelle sur la marche du processus des altérations cytologiques au cours de l'évolution de la grasserie : le parasite (visible seulement à l'ultramicroscope) pénètre d'abord dans le cytoplasme des cellules respectives et s'y multiplie activement, déterminant ainsi une altération profonde de la composition chimique et physico-chimique du milieu; sous cette influence, les chondriocontes se fragmentent et se transforment en granules. L'hypertrophie du noyau, symptôme caractéristique de la maladie, paraît avoir pour cause une rupture d'équilibre osmotique entre le cytoplasme et le noyau. Les nucléoles perdent leur forme arrondie, tendent à s'agglomérer, puis semblent disparaître; une partie de la chromatine du noyau se condense en masses de forme et de grosseur irrégulières sur lesquelles se précipite une partie de la substance nucléolaire sous forme de petits grains arrondis. Des cristalloïdes de forme généralement polyédrique prennent naissance dans le noyau aux dépens de la chromatine diffuse ou condensée.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la formation d'hyposulfites aux dépens du soufre par les microorganismes du sol.* Note de M. G. GUITTONNEAU, présentée par M. Lindet.

En me plaçant dans des conditions expérimentales aussi simples que possible, j'ai pu constater que divers microorganismes du sol sont capables de solubiliser le soufre élémentaire à l'état d'*hyposulfites*.

Ce phénomène peut se produire dans diverses circonstances et il présente, sans doute, un intérêt d'ordre général en physiologie. Mais je ne l'ai étudié, tout d'abord, que dans des cultures microbiennes dont les agents actifs oxydaient l'acide organique d'un sel ammoniacal et ramenaient ainsi ce sel à l'état de carbonate.

Or, c'est précisément une oxydation de ce genre qui, dans la dernière phase de l'ammonisation, aboutit à la minéralisation de l'azote organique. Si le soufre incorporé à la terre arable s'y transforme lentement en sulfate, ainsi que l'a montré pour la première fois Demolon (1912) [1], on est donc conduit à penser que les hyposulfites peuvent représenter un terme inter-

[1] DEMOLON, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 524.

médiaire au cours de cette évolution. Ce terme intermédiaire se prête d'ailleurs à des transformations diverses et faciles. Les hyposulfites peuvent en effet, dans certaines conditions, être réduits par beaucoup de microorganismes (*Bacillus sulfhydrogenus* de Miquel). Nathanson (1903) ([1]), Beijerinck (1904) ([2]), Jacobsen (1912) ([3]), Lieske (1912) ([4]), Gehring (1915) ([5]), Waksman et Joffe (1922) ([6]) ont d'autre part décrit des espèces capables de les oxyder en *sulfates*, et Trautwein (1921) ([7]) a indiqué l'apparition des *polythionates* au cours de cette transformation. Mais ces composés du soufre ont cependant une stabilité suffisante, en milieu alcalin, pour que j'aie pu les mettre nettement en évidence au cours des observations résumées dans la suite de cette Note.

I. *Microorganismes étudiés.* — Ils proviennent d'une terre de jardin additionnée de 5 pour 1000 de soufre et de 30 pour 1000 de carbonate de chaux. Cette terre a été traitée exactement comme dans les expériences de Brioux et Guerbet ([8]). L'analyse y révélait au bout de 15 jours une oxydation intense du soufre (2g,40 en SO^3 par kilogramme de terre sèche). Divers isolements ont alors été effectués sur des milieux gélosés à base soit d'extrait de terre, soit d'une solution minérale enrichie de mannite et d'asparagine. Les organismes obtenus sont désignés par les lettres ET ou MM suivant qu'ils proviennent du premier ou du second de ces milieux. Parmi ceux qui jouissent de la propriété étudiée, je n'indiquerai ici que quelques types nettement différents les uns des autres.

MM_1 est une espèce polymorphe, donnant des formes filamenteuses de grande longueur qui se rapproche, par beaucoup de caractères, du *Bacillus vermiculosus* de Zimmermann ([9]).

MM_2 appartient au groupe des petits coccobacilles du sol, dont les espèces fort nombreuses ne nous sont encore que très imparfaitement connues. Il ne fait pas fermenter le glucose et liquéfie la gélatine.

ET_1 et ET_2 sont deux espèces de microsophonés dont la première ne brunit que lentement et faiblement le bouillon peptoné tandis que la deuxième le brunit rapidement et fortement.

([1]) Nathanson, *Centralbl. f. Bakt.*, II Abt., 11, 1903, p. 169.
([2]) Beijerinck, *Centralbl. f. Bakt.*, II Abt., 11, 1904, p. 593-599.
([3]) Jacobsen, *Folia microb.*, 1, 1912, p. 487-496, et 8, 1912, p. 155-162.
([4]) Lieske, *Ber. Deut. Bot. Gesell.*, 30, 1912, p. 12-22.
([5]) Gehring, *Centralbl. f. Bakt.*, II Abt., 42, 1915, p. 402-438.
([6]) Waksman et Joffe, *Journ. of Bact.*, 7, 1922, p. 239-256 et p. 609-615.
([7]) Trautwein, *Centralbl. f. Bakt.*, II Abt., 53, 1921, p. 513-548.
([8]) Brioux et Guerbet, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1476.
([9]) Zimmermann, *Die Bakterien unserer Trink- und Nutzwässer Chemnitz*, 1890, p. 28.

II. *Cultures d'expérience.* — La solution nutritive employée dans cette étude avait la composition suivante :

Succinate d'ammoniaque, 10^g; phosphate de potasse, 1^g; chlorure de calcium, $0^g,2$; chlorure de magnésium, $0^g,2$; chlorure ferrique, $0^g,01$; chlorure de manganèse, $0^g,005$; chlorure de zinc, $0^g,005$; silicate de potasse, $0^g,005$; eau distillée, q. s. pour 1000.

Des fioles coniques de 500^{cm^3} recevaient chacune 100^{cm^3} de ce milieu préalablement neutralisé et 2^g *de soufre précipité*. Elles étaient chauffées 3 jours consécutifs à 110° pendant une heure, ensemencées et maintenues à 25°. Au bout de 16 jours le liquide de culture était filtré, ramené au volume initial et soumis à l'analyse.

III. *Caractérisation de l'hyposulfite.* — Après avoir vérifié que ce liquide ne contient jamais de doses appréciables de sulfate, on le débarrasse des traces de sulfures et de sulfites qu'il pourrait renfermer par des traitements successifs au carbonate de cadmium et au nitrate de strontium. On constate alors qu'il possède les propriétés caractéristiques suivantes :

1° Lorsqu'on l'acidifie fortement, il devient toujours opalescent, quelquefois même laiteux, et dégage une forte odeur de SO^2.

2° Si après en avoir neutralisé une certaine portion, on l'additionne progressivement d'une solution d'iode de titre convenable, celle-ci se décolore. Lorsque la saturation est atteinte, on n'obtient aucun précipité par le chlorure de baryum en milieu acide. Mais le précipité se forme si l'on traite la liqueur par un oxydant énergique. On doit conclure de là qu'il s'est formé, sous l'action de l'iode un tétrathionate, que celui-ci s'est transformé en sulfate par oxydation et que, par conséquent, on se trouvait à l'origine en présence d'un hyposulfite. On peut d'ailleurs facilement préciser cette deuxième caractérisation en l'appuyant sur des déterminations quantitatives. Il suffit, pour cela : (*a*) de doser par l'iode l'hyposulfite contenu dans un volume donné du liquide étudié; (*b*) de déterminer le poids de sulfate qui résulte de l'oxydation par le brome du tétrathionate formé au cours de ce dosage. On constate alors que la concordance des résultats obtenus est toujours aussi parfaite que le permettent les erreurs d'expérience. Dans le tableau suivant ces résultats sont exprimés en milligrammes du soufre pour 100^{cm^3} de culture.

Soufre solubilisé :	MM_1.	MM_2.	ET_1.	ET_2.
Dosé par l'iode à l'état d'hyposulfite.....	46,5	19,8	17,1	15
Dosé en poids, à l'état de sulfate, après oxydation par le brome..............	47,5	19,2	18,2	16,4

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 14 AVRIL 1925.

PRÉSIDENCE DE M. LE GÉNÉRAL H. SEBERT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHRONOMÉTRIE. — *L'emploi des cellules photo-électriques à l'observation et à l'entretien des pendules astronomiques*. Note de MM. **G. Ferrié** et **R. Jouaust**.

Les pendules astronomiques de haute précision, installées dans des locaux à température constante et maintenues dans un vide partiel, permettent actuellement de conserver l'heure pendant plusieurs journées, avec toute l'exactitude qu'il est utile de désirer. C'est ainsi que les pendules Leroy, du Bureau International de l'Heure, ont une *marche* d'environ un centième de seconde par jour. Toutefois, pour certains usages comportant la mesure de haute précision d'un intervalle de temps de quelques minutes par exemple, l'exactitude obtenue peut être suffisante.

Les instants correspondant aux secondes successives sont en effet indiqués à distance, partout où l'on a besoin de les connaître, par des courants électriques brefs obtenus au moyen de la fermeture d'un contact par le mouvement d'horlogerie de la pendule. Les moments de fermeture du contact dépendent de la taille des dents d'une roue à rochet actionnée, une fois par oscillation double, c'est-à-dire toutes les deux secondes, par un cliquet monté sur le balancier. Les mesures faites au B. I. H. ont montré que les intervalles de temps compris entre deux contacts consécutifs avaient parfois des différences dépassant le centième. Si donc on veut mesurer, au moyen des battements électriques d'une telle pendule, un assez court intervalle de temps, ces différences de l'ordre du centième de seconde occasionnent des erreurs de même valeur dans la mesure.

Nous avons tout d'abord fait disparaître cet inconvénient en supprimant toute commande mécanique du signal électrique correspondant à chaque seconde et en produisant ce signal par un courant photo-électrique : Sur le balancier est fixé un miroir susceptible de renvoyer un rayon lumineux sur une cellule photo-électrique au potassium, lorsque le balancier passe par la verticale. La très courte illumination de la cellule produit un courant photo-électrique, qui est très considérablement amplifié au moyen d'un dispositif déjà décrit (1) et comportant des lampes à 3 et 4 électrodes.

Avec la collaboration de M. L. Joly, nous avons installé et mis en service un dispositif de ce genre sur une pendule de la cave de l'Observatoire de Paris (à 27^m de profondeur), un ensemble optique convenable permettant de faire agir le rayon lumineux, déplacé par le balancier, sur une cellule photo-électrique placée au rez-de-chaussée de l'Observatoire, à proximité des appareils d'enregistrement graphique et des appareils d'écoute, nécessaires pour l'utilisation des courants ainsi produits.

Des mesures ont été entreprises pour comparer, avec la plus grande précision possible, les résultats obtenus par cette méthode avec ceux que donne le contact électrique ordinaire. Les résultats en seront prochainement publiés. Pour éviter autant qu'il est possible les erreurs provenant des irrégularités du déroulement de l'appareil enregistreur, on inscrit en même temps les vibrations d'un diapason entretenu électriquement, *sans contact*, au moyen du dispositif de M. H. Abraham comportant un amplificateur à lampes à 3 électrodes.

Le procédé qui vient d'être décrit supprime les irrégularités dues au mécanisme commandant le contact électrique de la pendule, mais laisse subsister les irrégularités dues au mécanisme d'entretien des oscillations du balancier. Nous avons également cherché à faire disparaître ces dernières en supprimant tout mouvement d'horlogerie et tout contact matériel extérieur avec le balancier, les oscillations de celui-ci étant entretenues par le courant photo-électrique, obtenu comme il est dit plus haut et auquel on fait parcourir l'enroulement d'une bobine sans noyau, dans l'axe de laquelle vient pénétrer, à chacune des oscillations, une des branches d'un aimant en fer à cheval fixé à l'extrémité du balancier. Le *même courant photo-électrique* agit en même temps, d'une part sur un dispositif semblable d'entretien d'un deuxième pendule, muni d'un cadran ordinaire et jouant le rôle de compteur de secondes, et d'autre part sur un appareil d'enregis-

(1) FERRIÉ, JOUAUST et MESNY, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1117.

trement graphique des courants et sur un téléphone permettant éventuellement d'écouter les *tops* correspondant à chaque oscillation.

Si le système optique est bien réglé, l'impulsion due au courant photo-électrique lancé dans la bobine d'entretien, se produira au moment du passage du balancier par la verticale, et la période d'oscillation sera la période propre du balancier. Un mauvais réglage du dispositif optique aura pour effet de modifier légèrement la période, mais les oscillations resteront parfaitement régulières. Une difficulté se présente toutefois : la cellule est illuminée à chaque passage du balancier par la verticale et il est évidemment nécessaire que le pendule ne reçoive qu'une seule impulsion par oscillation double. Nous l'avons résolue de la manière suivante :

Les deux pendules (pendule auto-entretenu et pendule compteur de temps) étant constiués par des balanciers de pendulette Leroy, battant la demi-seconde et synchrones, le deuxième porte un dispositif actionné par son balancier et permettant de ne fermer le circuit du courant d'entretien des deux pendules qu'une seule fois par période double. Ce circuit est fermé, par exemple quand le balancier va de gauche à droite, et non quand il va de droite à gauche, un peu avant le passage du balancier par la verticale. De plus, pour n'apporter aucune perturbation à l'entretien des oscillations, il est nécessaire que cette fermeture ne livre passage à aucun courant, avant que ne se produise celui qui est engendré par l'éclair lumineux sur la cellule. Ce résultat a été obtenu en rendant nettement négatives les grilles intérieures des trois lampes à deux grilles, en parallèle, qui constituent l'amplificateur « très basse fréquence » donnant au courant photo-électrique l'intensité nécessaire. Dans ces conditions, le courant plaque de ces lampes est rigoureusement nul, la fermeture du circuit plaque sur les bobines d'entretien ne peut donc livrer passage à aucun courant perturbateur. Seul agit le courant photo-électrique au moment précis de sa production.

Les bobines d'entretien des deux pendules sont shuntées par des résistances donnant un amortissement convenable.

La période du pendule ainsi auto-entretenu a été mesurée avec la plus grande précision possible, pendant une longue durée, et comparée à la période du même pendule oscillant en pendule libre sans entretien. Aucune différence appréciable n'a pu être trouvée entre ces deux périodes, elle est en tout cas inférieure à $\frac{1}{10000}$.

Des différences de 1 à 2 millièmes de seconde sont parfois observées entre les durées des oscillations successives. Si elles ne sont pas dues à des

influences extérieures, elles semblent pouvoir être attribuées aux imperfections de l'enregistreur graphique et ne se produiraient probablement pas avec un enregistreur photographique. Le fait va être vérifié.

Un pendule ainsi entretenu ne saurait remplacer, comme garde-temps pour de longs intervalles, les pendules directrices des observatoires, car les piles et accumulateurs se déchargent assez vite, et leur affaiblissement peut faire varier l'amplitude et par suite la période du pendule auto-entretenu. De plus, au moment des remplacements inévitables des batteries, il se produirait d'importantes perturbations.

Le dispositif que nous venons de décrire en dernier lieu et qui ne donne aucune variation appréciable de période pendant plusieurs heures, ne peut donc avoir comme rôle que de permettre de mesurer avec une très haute précision des intervalles de temps d'assez courte durée, avec l'aide éventuelle d'un diapason entretenu électriquement sans contact.

GÉOMÉTRIE ET CHRONOMÉTRIE. — *Le mécanisme général de la synchronisation.* Note (¹) de M. **Jules Andrade.**

I. L'état de mouvement d'une rotation oscillante d'un système pendulaire amorti par sa résistance visqueuse propre mais soumis d'autre part à une force perturbatrice *fonction donnée du temps* θ est, pour un choix convenable de l'unité de temps, gouverné par le système différentiel linéaire :

$$(S_1)\qquad \left\{ \begin{aligned} \frac{dy}{d\theta} &= -\frac{1}{\sin V}(x + 2y\cos V) + \frac{1}{\sin V} f(\theta); \\ \frac{dx}{d\theta} &= \frac{1}{\sin V} y. \end{aligned} \right.$$

Dans ces formules désignent : x, l'écart du système pendulaire à son point mort, et V un angle aigu caractéristique du rapport de la résistance visqueuse à la force pendulaire propre du système.

II. Admettons que la force perturbatrice $f(\theta)$ soit périodique et admette $\odot$ pour période, la propriété essentielle du mouvement (S_1) est alors la suivante : ou bien ce mouvement est périodique à période $\odot$, ou bien il va tendre asymptotiquement vers un mouvement périodique de cette espèce, alors que le temps θ croît indéfiniment vers le futur. On dit

(¹) Séance du 30 mars 1925.

alors que la vibration du système *est asservie* et que la force $f(\theta)$ *synchronisante* impose sa période au mouvement oscillatoire perturbé.

III. De ce théorème j'ai, en 1904, aux *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, donné une démonstration intuitive destinée à l'enseignement horloger, en me limitant au cas simple où la fonction périodique $f(\theta)$ varie *par paliers*, sur chacun desquels elle garde une valeur constante, variable d'ailleurs d'un palier à l'autre lorsque ceux-ci se succèdent en nombre fini d'une manière quelconque, en une période.

IV. Dans cette présente Note, et par une démonstration également

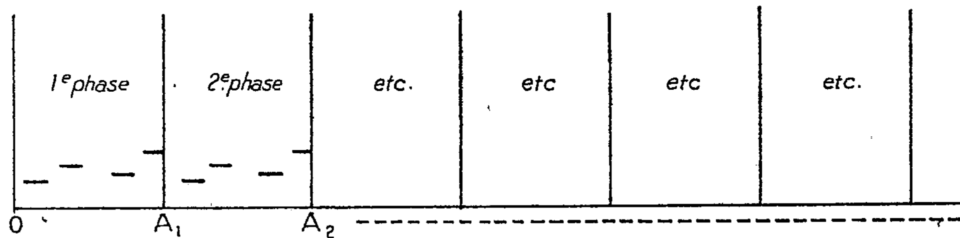


Fig. 1. — Force synchronisante, cas d'un schéma périodique simple.

simple, j'étends ce théorème à toute force synchronisante, dont *le schéma*

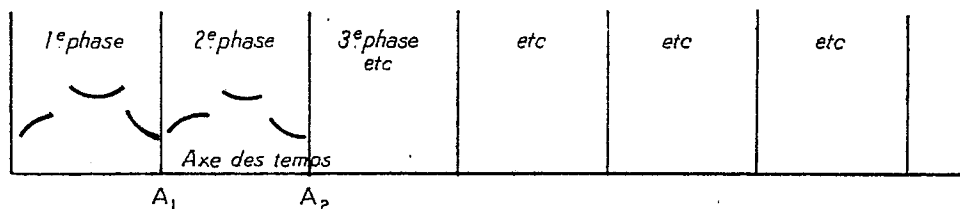


Fig. 2. — Force synchronisante, cas d'un schéma périodique complexe quelconque.

graphique de périodicité est absolument quelconque tout en possédant un nombre limité de discontinuités.

V. A cet effet j'associe au même mouvement (S_1) : 1° un système d'axes obliques Ox et Oy se coupant sous l'angle V et 2° un système rectangulaire d'axes $O\eta$ et OX dont ce dernier coïncide avec Ox; les nouvelles valeurs X et η des nouvelles coordonnées étant :

(1) $$X = x + y \cos V \quad \text{et} \quad \eta = y \sin V;$$

puis j'envisage le *vecteur d'Argan* ici défini dans le plan commun des X, η et des x, y par la variable complexe :

(2) $$Z = X + i\eta,$$

ce qui nous amène par la transformation du système différentiel (S_1) à l'équation différentielle suivante définissant le vecteur Z comme fonction de la variable réelle θ, à savoir :

$$(3) \qquad \frac{dZ}{d\theta} = \frac{e^{iV}}{\sin V}\,[f(\theta) - Z],$$

dont l'intégrale générale est

$$(4) \qquad Z = \frac{e^{iV-\theta}}{\sin V}\left[C_0 + \int_0^{\theta} f(\varphi)e^{\varphi}\,d\varphi\right].$$

D'où, en ayant égard à la période $\odot$ de la fonction $f(\theta)$, nommant j un entier positif, nous posons

$$(5) \qquad Z_j = Z(j\odot), \qquad \text{puis} \qquad j = 1, 2, 3, \ldots, n, \ldots,$$

nous obtenons la relation de récurrence

$$(6) \qquad Z_{j+1} = Z_j(1 - e^{-\odot}) + \frac{e^{iV-\odot}}{\sin V}\int_0^{\odot} e^{\varphi} f(\varphi)\,d\varphi.$$

VI. Enfin, nommons α l'élément double de cette relation homographique, réductible d'ailleurs à une similitude directe avec réduction d'échelle, la relation (6) nous donne : 1° pour $Z_0 = \alpha$ une vibration périodique de période $\odot$; 2° pour Z_0, différent de α, un mouvement tendant asymptotiquement vers le mouvement périodique rencontré d'abord.

La sécurité automatique de la synchronisation est donc assurée même dans le cas de la force synchronisante généralisée, $f(\theta)$ absolument quelconque, mais périodique.

CORRESPONDANCE.

M. H. Vincent prie M. le Président de l'Académie, membre du Comité d'honneur, de vouloir bien honorer de sa présence la séance inaugurale du *IIIe Congrès international de Médecine et de Pharmacie militaires.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un type de fonctions quasi analytiques.* Note (1) de M. Gaston Julia.

Je voudrais montrer ici que la série $\Sigma a_n f(s^n z)$, où $f(z)$ est une fonction méromorphe d'une nature très générale, où s est un nombre réel > 1,

(1) Séance du 6 avril 1925.

représente, sous des conditions très simples imposées à la suite des coefficients constants a_n, une fonction quasi analytique de variable complexe dont la classe dépend des conditions imposées aux a_n. Je l'étudierai d'abord à l'origine, et ensuite sur des droites issues de l'origine. Dans le cas où l'on choisirait s nombre complexe non réel de module > 1, il faudrait remplacer les droites issues de l'origine par des spirales logarithmiques de pôle O, invariantes par $[z \mid sz]$.

1. En supposant la série $F(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n f(s^n z)$ indéfiniment dérivable terme à terme, on a, à l'origine,

$$F^{(p)}(0) = f^{(p)}(0) \cdot \varphi(s^p)$$

à condition de poser

$$\varphi(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n.$$

La dérivation indéfinie terme à terme exige donc que $\varphi(z)$ soit *entière*. Pour étudier $|F^{(p)}(0)|^{\frac{1}{p}}$, il faut étudier $|f^{(p)}(0)|^{\frac{1}{p}}$. Bornons-nous ici au cas le plus simple, celui où *l'un des pôles de $f(z)$ est plus voisin que tous les autres de l'origine*. [Dans les autres cas, l'étude de $|f^{(p)}(0)|^{\frac{1}{p}}$ soulève des difficultés de nature arithmétique que nous résoudrons ailleurs.] On voit très simplement qu'il existe deux nombres positifs A et B tels que, pour tout entier p, on ait $Ap > |f^{(p)}(0)|^{\frac{1}{p}} > Bp$. Si l'on veut que $F(z)$ soit *quasi analytique en* 0, il faudra donc que l'on ait $|\varphi(s^p)|^{\frac{1}{p}} < \mu(p)$, la série $\sum_{p=1}^{\infty} \frac{1}{p\mu(p)}$ étant *divergente*, et cette condition sera suffisante.

La condition précédente imposée à la croissance de $\varphi(z)$ la détermine d'une manière assez précise. Suivant le choix que l'on fera de $\mu(p)$, on obtiendra une classe différente de fonctions quasi analytiques. Pour nous borner au cas le plus simple, choisissons $\mu(p) = C \log p$, C étant une constante.

Posant $\Phi(z) = \Sigma |a_n| z^n$, il est clair que $|\varphi(s^p)|^{\frac{1}{p}} < |\Phi(s^p)|^{\frac{1}{p}}$, et posant $s^p = r$ on voit que, si $\Phi(r)$ est assujettie à la condition

$$\frac{\log\Phi(r)}{\log r} < \frac{\log_3 r}{\log s + \varepsilon}, \quad \text{où } \varepsilon \text{ est arbitrairement petit et positif,}$$

on déduira facilement $|\Phi(r)|^{\frac{1}{p}} < C \log p$, qui est la condition imposée. On peut encore se borner à prendre

$$\frac{\log \Phi(r)}{\log r} < \frac{\log_3 r}{\log s} + k \quad (k \text{ constante convenable}).$$

Alors on aura $|F^{|p|}(o)|^{\frac{1}{p}} < Cp \log p$. Pour que F fût analytique en O, il faudrait que $|\varphi(s^p)|^{\frac{1}{p}}$ restât bornée quel que soit p. Or, la condition imposée à la croissance de $\varphi(z)$ entraîne, que ses zéros croissent beaucoup plus vite que la suite s^p, et qu'il est impossible que $|\varphi(s^p)|^{\frac{1}{p}}$ reste bornée pour toutes les valeurs entières de p. F n'est donc pas analytique en O; *l'origine, point d'accumulation de pôles de* F(z) *est point singulier essentiel.* En général, tous les points limites de l'ensemble $\frac{P_i}{s^n}$ [où n prend toutes les valeurs entières, et où P_i désigne tous les pôles de $f(z)$] seront des points essentiels. Il y en a au moins un dans chaque couronne (r, rs) si $f(z)$ admet une infinité de pôles.

2. Supposons que les arguments des pôles de f n'admettent pas pour valeur limite toute valeur comprise entre o et 2π, et considérons une direction Ou telle que, dans un certain angle d'ouverture 2θ, de bissectrice Ou, il n'y ait aucun pôle de $f(z)$. Supposons d'abord que, dans cet angle, on ait $|f(z)| < Ar^\lambda$ [1], lorsque $|z| \leq r$, A et λ étant deux constantes positives [une telle condition est toujours vérifiée pour les dérivées logarithmiques des fonctions entières d'ordre fini]. Envisageant un segment Or_0 de Ou qu'on enferme dans un contour C_n, limité par les deux côtés de l'angle précédent, l'arc d'ouverture 2θ, de centre O, de rayon $r_1 > r_0$ compris entre ces côtés, l'arc de centre O, de rayon $\frac{r_2}{s^n}$, d'angle au centre $2\pi - 2\theta$, limité aux deux côtés de l'angle et extérieur à cet angle [arc qui remplacera le sommet de l'angle considéré], on pourra écrire :

$$\frac{d^p}{dx^p}[f(s^n x)] = \frac{p!}{2\pi i}\int_{C_n} \frac{f(s^n z)\, dz}{(z-x)^{p+1}},$$

x étant un point quelconque de Or_0. On a alors

$$|z - x| > \frac{r_2}{s^n} \sin\theta \qquad \text{et} \qquad |f(s^n z)| < A(s^n r_1)^\lambda$$

(1) On généralisera cette hypothèse au n° 3.

(dès que n est assez grand), sur tout le contour C_n. On en déduit aisément

$$\left|\frac{d^p}{dx^p}[f(s^n x)]\right| < A_0 \frac{p!\, s^{n(\lambda+p+1)}}{(\sin\theta)^{p+1} r_1^{p+1}} \qquad (A_0 \text{ indépendant de } p \text{ et } n);$$

d'où, en sommant la série dérivée d'ordre p de $F(x)$,

$$|F^{(p)}(x)|^{\frac{1}{p}} < A_1 p[\Phi(s^{\lambda+p+1})]^{\frac{1}{p}},$$

quel que soit l'entier p et le point x de Or_0.

On en déduit aisément que si $\frac{\log\Phi(r)}{\log r} < \frac{\log_3 r}{\log s + \varepsilon}$, on aura

$$|F^{(p)}(x)|^{\frac{1}{p}} < kp\log p \qquad \text{pour tout entier } p,$$

k étant une constante convenable. Donc $F(x)$, *analytique en tout point intérieur à l'angle, non analytique au sommet* O, sera *quasi analytique* sur tout segment $O \leqq x \leqq r_0$ issu du sommet, et appartient à la classe $p\log p$.

3. On peut étudier le cas où Ou est direction limite de pôles de f. En supposant toujours que l'angle précédent ne contient pas de pôles, mais que $|f(z)| < V(r)$ [$V(r)$ *fonction positive croissante quelconque de* r], pour $|z| \leqq r$ dans cet angle, on voit qu'il faut considérer la fonction entière

$$\Phi_1(Z) = \Sigma |a_n| V(s^n r_1) Z^n.$$

Si l'on a $\frac{\log\Phi_1(r)}{\log r} < \frac{\log_3 r}{\log s + \varepsilon}$, F sera encore quasi analytique sur Oz_0 et de classe $p\log p$. A chaque classe quasi analytique on pourra ainsi faire correspondre une classe de fonctions entières $\Phi_1(Z)$ d'ordre nul.

On peut définir simplement la loi de décroissance des $|a_n|$ d'après la limitation de $\log\Phi(r)$ ou de $\log\Phi_1(r)$ qui vient d'être donnée. Il est à remarquer que la représentation par $\Sigma a_n f(s^n z)$ de la fonction quasi analytique $F(z)$ est *unique* car la fonction entière $\varphi(Z) = \Sigma a_n Z^n$, d'ordre nul, assujettie aux limitations précédentes de croissance, se trouve déterminée *de manière unique par la donnée des valeurs* $\varphi(s^p)$ qui sont déterminées par la connaissance des $F^{(p)}(0)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le développement d'une fonction algébroïde dans un domaine contenant plusieurs points critiques.* Note de M. **Oscar Zariski**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Le développement classique de Puiseux montre que, étant donnée une fonction algébrique (o algébroïde), y de x à n branches qui se permutent cycliquement autour du point critique ξ, on peut uniformiser la rela-

tion $y = f(x)$ dans le voisinage de ξ, en exprimant y et x comme fonctions uniformes d'une irrationalité algébrique élémentaire, $z = \sqrt[n]{x - \xi}$, ayant aussi le point ξ comme point critique d'ordre n. Les recherches de Puiseux ayant épuisé l'étude d'une fonction algébrique dans le voisinage d'un de ses points critiques, on peut chercher à poursuivre dans cette voie en considérant une fonction algébrique dans un domaine D contenant plusieurs points critiques. Nous allons préciser le problème qui se présente dans ce cas plus général.

Soit le domaine D, qui pourra être indifféremment simplement ou plusieurs fois connexe, limité par une ligne fermée l_0 et par d'autres lignes fermées $l_1, l_2, \ldots, l_m$ intérieures à l_0. Nous pouvons supposer que la fonction donnée y, à n branches, soit irréductible dans le domaine C, c'est-à-dire que l'on puisse passer, par prolongement analytique, d'une branche de la fonction à une autre branche quelconque, sans sortir du domaine D, parce que dans le cas contraire nous nous bornerions à considérer séparément les constituantes irréductibles de y. Chaque substitution qui se produit sur les branches, lorsque la variable x parcourt en D un chemin fermé, est le produit d'un certain nombre de substitutions élémentaires, qui sont : 1° les substitutions S relatives aux points critiques contenus dans D et à un système bien déterminé de lacets; 2° les substitutions $\Sigma_1, \Sigma_2, \ldots, \Sigma_m$ relatives aux lignes $l_1, l_2, \ldots, l_m$.

Étant donnée une autre fonction algébrique z de x, nous dirons qu'elle se comporte dans le domaine D comme la fonction y, lorsqu'elle a en D les mêmes points critiques avec les mêmes substitutions S et Σ.

Cela posé, on peut se demander *s'il est possible d'uniformiser dans le domaine* D *la relation* $y = f(x)$, *en exprimant* y *et* x *comme fonctions uniformes d'une irrationalité algébrique* z, *fonction de* x, *qui se comporte, dans le domaine* D, *comme la fonction* y.

On voit facilement que, si cette uniformisation est possible, toute autre fonction algébrique de x, qui se comporte en D comme la fonction y, sera elle aussi une fonction uniforme de z (en se bornant au domaine D); l'irrationalité élémentaire z jouerait donc, pour cette classe de fonctions algébriques, le même rôle que joue le radical $\sqrt[n]{x - \xi}$ dans le cas classique de Puiseux. Dans le cas où, pour un domaine donné D, cette uniformisation serait possible, on peut encore chercher d'introduire l'irrationalité élémentaire z en manière d'obtenir pour y, considérée comme fonction de z, un développement d'un type donné, par exemple une série de puissances de z, ou en général une somme de séries de Laurent.

En un mot, le problème que nous nous sommes proposé est de chercher *sous quelles conditions et de quelle manière on peut généraliser les résultats classiques de Puiseux, lorsque l'on considère une fonction algébrique dans un domaine contenant plusieurs points critiques de la fonction.*

La résolution de ce problème fournira l'objet d'un Mémoire qui va paraître prochainement. Dans cette Note je veux seulement donner, sans démonstrations, les résultats que j'ai obtenus.

Soit p le genre minimum que peut avoir une fonction algébrique qui se comporte dans le domaine D comme la fonction y donnée. Ce genre minimum p est un caractère du domaine D en rapport aux substitutions élémentaires $S e \Sigma$. On a alors le théorème suivant :

Soit y une fonction algébrique de x, et soit D *un domaine dans le plan x. Pour pouvoir uniformiser dans ce domaine la relation $y = f(x)$ au moyen d'une irrationalité algébrique, il est nécessaire et suffisant que le genre minimum p défini dans ce domaine soit égal à zéro.*

En supposant qu'il n'y ait pas de points critiques sur le contour de D, on a le théorème suivant :

Si le genre minimum p défini dans le domaine D *est égal à zéro, on peut uniformiser la relation $y = f(x)$ en posant*

$$x = r(z),$$

où $r(z)$ est une fonction rationnelle de z, et en posant y égal à une somme de plusieurs séries de Laurent d'une autre fonction rationnelle $t(z)$ de z :

$$y = \sum_{1}^{k}{}_{i} \sum_{0}^{\infty}{}_{n} \frac{a_{in}}{[t(z) - t_i]^n},$$

où $t_1, t_2, \ldots, t_n$ sont des constantes.

Les théorèmes énoncés sont encore valables lorsque y, au lieu d'être une fonction algébrique, est une fonction algébroïde quelconque ayant dans le domaine D un nombre fini de points critiques. Seulement dans ce cas notre procédé exige que, pour que le second théorème subsiste, la fonction soit analytique aussi sur le contour de D.

On trouve des résultats intéressants en considérant certains cas particuliers.

1. Soit y une fonction algébrique de x, à deux branches et soient $a = -1$, $b = +1$ des points critiques de la fonction. Nous pouvons supposer que la fonction n'ait pas d'autres points critiques sur le segment -1, $+1$ et qu'elle reste finie sur ce segment (y compris les points extrêmes).

On peut toujours être ramené à ces conditions en appliquant à la variable indépendante x une transformation bilinéaire générique, qui laisse fixes les points -1 et $+1$; le segment se changera alors en un arc de cercle. Posons

$$x = \frac{1}{2}\left(z + \frac{1}{z}\right).$$

On pourra développer la fonction y en une série de Laurent de z

$$y = \sum_{-\infty}^{+\infty} {}_n\, a_n z^n$$

qui sera convergente dans une ellipse du plan x ayant comme foyers les points -1, $+1$ et passant par le point singulier de la fonction pour lequel la somme des distances de ces deux points critiques est minimum.

2. Soit y une fonction algébrique de x à trois branches et soient $a = -1$, $b = +1$ des points critiques de la fonction, tels que autour de ces points se permutent respectivement les branches y_1, y_2 et y_1, y_3.

Supposons encore que la fonction n'ait pas d'autres points critiques sur le segment -1, $+1$, et qu'elle reste finie sur ce segment (y compris les points extrêmes.

Posons encore

$$x = \frac{1}{2}\left(z + \frac{1}{z}\right).$$

On pourra alors développer la fonction y en une série de Laurent de $\sqrt[3]{z}$ du type suivant :

$$y = \sum_{0} {}_n\, a_n \left[(\sqrt[3]{z})^n + \frac{1}{(\sqrt[3]{z})^n}\right]$$

qui sera convergente dans une ellipse du plan x définie de la même manière qu'au n° 1.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions presque périodiques de Bohr.* Note de M. S. **Ch. Bochner**, présentée par M. Émile Borel.

Nous nous permettons d'ajouter ici quelques remarques à la théorie des fonctions presque périodiques exposée récemment par M. Harald Bohr, sur des fonctions continues d'nne variable réelle et des fonctions analy-

tiques d'une variable complexe (les dernières comprenant aussi les fonctions sommes des séries de Dirichlet générales) [1].

1. Étant données deux fonctions d'une variable réelle, on peut comparer leur degré de presque-périodicité. Nous disons que $f(x)$ est une « majorante » de $g(x)$, si l'inégalité $|f(x+r)-f(x)| \leqq \varepsilon$ (valable pour tous les x de l'intervalle $-\infty < x < +\infty$) entraîne, pour τ et ε quelconques, l'inégalité $|g(x+\tau)-g(x)| \leqq \varepsilon \, (-\infty < x < +\infty)$. Un ensemble fini ou infini de fonctions sera dit « majorisable », s'il y a une fonction majorante de toutes les fonctions de l'ensemble. Chaque fonction $f(x)$ représente une classe (infinie) de fonctions « semblables » entre elles; ce sont des fonctions dont l'une est la majorante de l'autre. Toute classe contient une fonction remarquable « $e(r)$ » $(-\infty < \tau < +\infty)$, que nous appelons la « fonction de presque-périodicité » de cette classe et de toute fonction de la classe. En partant d'une fonction quelconque $f(x)$ de la classe, on peut définir $e(\tau)$, en τ, comme la borne supérieure des différences $|(x+\tau)-f(x)|$. Si $f(x)$ est une majorante de $g(x)$, les fonctions de presque-périodicité $e_f(\tau)$ et $e_g(\tau)$ satisferont à la relation $e_f(\tau) \geqq e_g(\tau)$ et vice versa (ce qui justifie le nom de majorante). C'est un théorème caractéristique de la théorie de M. Bohr, que des fonctions en nombre fini sont toujours majorisables. On obtient une majorante, en l'égalant en chaque point τ au maximum des valeurs respectives des fonctions de presque-périodicité dérivées des fonctions données. (Cette construction reste valable en tout cas d'ensemble majorisable, si l'on prend la borne supérieure au lieu du maximum.)

On a le théorème suivant : Étant donné un ensemble infini de fonctions majorisables, on en peut toujours choisir une suite de fonctions convergent uniformément dans tout l'intervalle $-\infty < x < +\infty$ (vers une fonction également presque périodique).

2. M. Bohr a établi le théorème, que toute fonction presque périodique peut être approchée uniformément par des polynomes trigonométriques finis. On peut démontrer ce théorème d'une manière très simple, sans avoir recours à des fonctions auxiliaires d'un nombre infini de variables. En effet, étant donnée la série de Fourier généralisée d'une fonction $f(x)$ on peut (sans connaître $f(x)$ explicitement) en construire par un procédé de

(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 737 et 1090; 180, 1925, p. 645; *Acta mathematica*, 45, 1924, p. 29, et 47 (sous presse).

sommation très élémentaire un ensemble (infini) de polynomes, bien déterminés en tout cas. Nous les appelons « sommes partielles de Fégèr » de $f(x)$ parce que, au cas d'une fonction rigoureusement périodique, ce sont des moyennes arithmétiques de Féjèr. Cet ensemble de polynomes est majorisable, avec $f(x)$ comme majorante (c'est aussi la plus petite majorante). D'après le théorème du n° 1, il y a des fonctions presque périodiques, limites de ces polynomes. Toutes ces fonctions limites ont un rapport intime à $f(x)$; la fonction $f(x)$ elle-même y figure aussi. Cette démonstration du théorème d'approximation n'est pas basée sur le théorème fondamental de M. Bohr dans toute son étendue, mais se sert seulement du théorème d'unicité, duquel on pourra peut-être donner une démonstration directe moins difficile que celle du théorème fondamental. Pour des fonctions d'une variable complexe, notre sommation est valable uniformément dans toute bande (au cas spécial de séries de Dirichlet aux exposants positifs monotones, qui tendent vers l'infini : dans tout demi-plan), où la fonction est régulière et bornée. Notre procédé diffère des autres méthodes de sommation appliquées aux séries de Dirichlet.

3. Le théorème de M. Bohr sur la convergence absolue de la série de Fourier au cas spécial d'exposants linéairement indépendants découle immédiatement de notre sommation.

On le peut aussi énoncer sous une forme plus générale : supposons qu'on puisse diviser l'ensemble des exposants de la fonction $f(x)$ en un nombre fini ou infini de classes (chacune comprenant des exposants en nombre fini ou infini) indépendantes linéairement entre eux; cela veut dire qu'il n'y a pas de relation linéaire à coefficients rationnels entre des exposants de classes différentes. Alors, à chaque classification susdite des exposants correspond une décomposition univoque de la fonction $f(x)$ en une série de fonctions presque périodiques majorisables par $f(x)$:

$$f(x) = f_1(x) + f_2(x) + f_3(x) \ldots.$$

Cette série converge absolument et uniformément dans tout l'intervalle $-\infty < x < \infty$; la série

$$|f_1(x)| + |f_2(x)| + |f_3(x)| + |f_4(x)| + \ldots$$

est uniformément bornée.

ASTRONOMIE. — *Sur la comète Schain (1925, a) trouvée indépendamment par* **Comas Sola**. Note de cet astronome, présentée par M. B. Baillaud.

Pendant la nuit du 23 mars, j'ai trouvé dans un cliché, que je venais de faire pour l'observation de petites planètes, une nouvelle comète qui avait déjà été trouvée le 22 mars par M. Schain, de l'Observatoire de Simeis. Cette comète apparaissait comme une petite nébulosité de 11e grandeur, tout près de l'étoile β Virginis; elle montrait des traces d'une faible queue. Je n'ai pas pu observer de nouveau la comète, le ciel étant toujours couvert, que le 27 mars. Une détermination sur un cliché de ce jour m'a donné comme position approchée de la comète, rapportée à l'équinoxe 1925,0 et à $23^h 28^m$(t. c. Gr.) : $\alpha = 11^h 40^m 29^s$; $\delta = +2° 3',8$. Sa grandeur était de 11,2. Le 30 mars, on a pu faire une observation visuelle à l'équatorial astrophotographique de 38^{cm} de l'Observatoire Fabra, à $23^h 57^m 28^s$. Sa position apparente était : $\alpha = 11^h 35^m 8^s,30$; $\delta = +2° 17' 53'',9$. La grandeur de la comète va en décroissant.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *La théorie balistique et les étoiles à variation continue.* Note de MM. **Charles Nordmann** et **C. Le Morvan**, présentée par M. Deslandres.

On sait que M. La Rosa a proposé d'expliquer la variation lumineuse des étoiles à variation continue par les fluctuations lumineuses qui se produiraient dans la quantité de lumière que nous recevons d'une étoile tournant autour d'un centre, si l'hypothèse balistique de Ritz est exacte.

Nous avons fait récemment la remarque (1) que, telle quelle, cette explication ne suffit pas à rendre compte du fait d'observation mis en évidence par l'un de nous (et depuis lors universellement confirmé) que l'amplitude de la variation lumineuse des étoiles variables à variation continue est beaucoup plus considérable dans la partie la plus réfrangible que dans la moins réfrangible du spectre.

Depuis lors M. La Rosa (2) a fait observer que pour rendre compte de ce fait il suffit de supposer que le centre autour duquel tourne l'étoile

(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1139.
(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 912.

variable est lui-même lumineux, et que la distribution spectrale de sa lumière diffère de celle de l'étoile tournante. L'introduction de cette nouvelle hypothèse, d'ailleurs plausible, ne fait que confirmer la remarque que nous avions faite.

On peut d'ailleurs, se proposer de pousser plus loin, sur ces bases, l'analyse du phénomène.

Négligeant, avec M. La Rosa, les fluctuations lumineuses de l'étoile centrale dont le mouvement est plus petit que celui du compagnon, et appelant I_r, I_b les intensités des rayonnements rouge et bleu envoyés par cet astre et i_r, i_b les intensités correspondantes données par le compagnon au moment du minimum, les changements de la lumière globale des deux étoiles seront donnés par les rapports

$$(a) \qquad \frac{I_r + m i_r}{I_r + i_r} \quad \text{et} \quad \frac{I_b + m i_b}{I_b + i_b},$$

où m est l'amplitude de la variation lumineuse due au mouvement du compagnon.

Appliquons, à titre d'exemple, au cas concret de β Lyre ces formules indiquées par M. La Rosa.

On a, en appliquant la loi de Pogson à nos observations qui ont fourni (en grandeurs stellaires) $0^{gr},66$ et $1^{gr},34$ pour l'amplitude de la variation lumineuse de cette étoile dans le rouge et dans le vert,

$$0,66 = 2,5 \log \frac{I_r + m i_r}{I_r + i_r}$$

et

$$1,34 = 2,5 \log \frac{I_b + m i_b}{I_b + i_b}.$$

On en déduit facilement

$$m = 0,8 \frac{I_r}{i_r} + 1,8 = 2,4 \frac{I_b}{i_b} + 3,4, \qquad \text{d'où} \qquad m > 3,4$$

et

$$\frac{I_r}{i_r} = 3 \frac{I_b}{i_b} + 2, \qquad \text{d'où} \qquad \frac{I_r}{i_r} > 2.$$

Il s'ensuit que l'étoile principale (quant à la masse) est (en ce qui concerne la partie rouge de son spectre) au moins deux fois plus brillante que le compagnon. D'autre part, on a

$$\frac{I_r}{i_r} > 3 \frac{I_b}{i_b}.$$

Il s'ensuit que cette étoile principale doit être, proportionnellement au moins, trois fois plus brillante dans le rouge ou trois fois moins brillante dans le bleu que le compagnon.

D'une manière plus générale l'observation a montré que toutes les étoiles à variation continue jusqu'ici étudiées à cet égard, à notre connaissance, présentent une variation d'une plus grande amplitude dans le bleu que dans le rouge. Comme, par définition, m est nécessairement plus grand que 1, on déduira des formules (a) ci-dessus que pour toutes ces étoiles, on a

$$\frac{i_r}{i_b} < \frac{I_r}{I_b}.$$

Il s'ensuit que dans toutes les étoiles variables à variation continue le compagnon est proportionnellement plus riche en rayons réfrangibles, c'est-à-dire possède une température effective plus élevée que l'étoile principale.

Telles sont quelques-unes des déductions qui découlent de l'intéressante explication de la variation des étoiles tirée de l'hypothèse balistique par M. La Rosa. Si cette dernière hypothèse est exacte on voit donc qu'elle nous permet de pénétrer plus avant par ces déductions dans la connaissance physique des étoiles variables. Mais tant que l'hypothèse balistique ne sera pas démontrée on ne pourra considérer ces déductions que comme des hypothèses supplémentaires qu'il est nécessaire de lui surajouter pour rendre compte des particularités révélées dans ces étoiles par l'observation.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un dispositif applicable aux moteurs d'aviation pour réduire les pertes de puissance en altitude.* Note (¹) de M. **Louis Damblanc**, présentée par M. Paul Painlevé.

Le problème de la conservation de la puissance constante avec l'altitude présente un intérêt considérable pour l'aviation.

Notre système est basé sur l'augmentation progressive et simultanée : de la cylindrée, de la course et de la compression volumétrique. Nous avons réalisé sa mise au point sur un *moteur d'aviation de série du type fixe*. La difficulté essentielle résidait dans le déséquilibrage permanent du moteur par suite du déplacement incessant du centre d'embiellage. Mon système se compose de trois parties principales. La première est destinée à faire varier

(¹) Séance du 23 mars 1925.

pendant la marche la course des pistons, par déplacement progressif de l'embiellage suivant les diverses valeurs de la compression que l'on veut obtenir. Pour cela, un faux maneton à centrage mobile est intercalé entre la bielle maîtresse et la soie du vilebrequin. La manœuvre du faux maneton est obtenue par un dispositif inédit de différentiel. Dans le moteur envisagé, les efforts nécessaires pour passer d'une compression à une autre sont considérables et de l'ordre de 10 tonnes. Malgré cela, la manœuvre du dispositif irréversible s'opère sans difficultés en *pleine marche* et l'effort instantané au volant de commande est inférieur à 20^{kgm}. Enfin la partie la plus importante de cet ensemble est le dispositif d'équilibrage automatique *sans lequel le fonctionnement du moteur serait impossible*, et dont le principe est basé sur la compensation rigoureuse à chaque instant des différences d'équilibrage résultant des déplacements de l'embiellage, et cela par le fait même de la manœuvre de l'organe qui commande la variation de cylindrée. La mise au point est terminée et les essais officiels de réception au banc sont effectués avec succès. Il nous a été permis en particulier de vérifier — en nous plaçant dans les mêmes conditions de pression et de température (résultat non encore obtenu) — que la consommation d'essence diminue sensiblement avec l'augmentation de compression. Le 12 avril 1921, a été effectué un essai dont voici le procès-verbal : Marche, 1 heure; chaque quart d'heure, changer en marche la compression.

Compression.	Essence par HP heure.	Compression.	Essence par HP heure.
4,9	269^{g}	5,7	253^{g}
5,3	259	6,5	245

Caractéristiques de l'essai : vitesse : 1550 t/min. Puissance constante : 226 HP. Pression : 757^{mm}. Température ambiante : 23°.

Mon système donne au moteur à chaque altitude la compression optima, qui correspond à une valeur constante de la pression des gaz à la fin de la compression, cette pression étant celle du sol où le rapport volumétrique est de 5. La perte de puissance d'un moteur ordinaire, à compression constante, est proportionnelle à la pression atmosphérique μ. En réalité, cette perte de puissance est de la forme $(ad + b)$, d étant la densité de chaque altitude laquelle est fonction homographique de μ. Le *gain* de puissance provenant de la compression optima provient directement de l'amélioration du rendement thermique $\eta = 1 - \frac{1}{\rho^{0,3}}$ qui progresse avec ρ (compression). A une

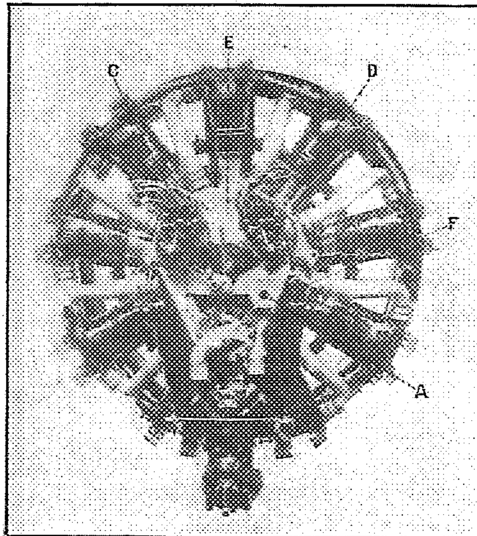
altitude H_1, la puissance d'un moteur ordinaire devient

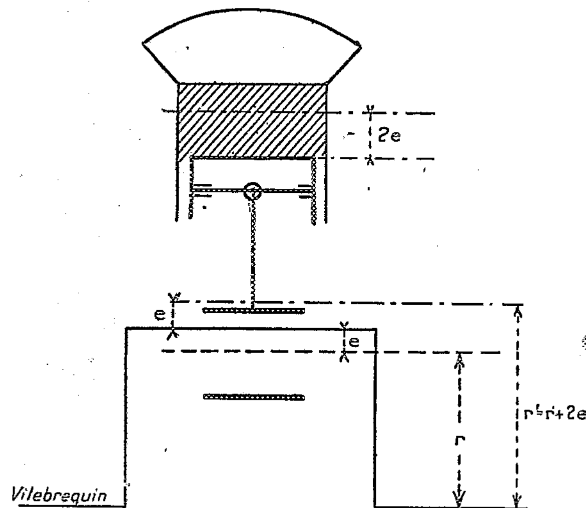
$$(1) \qquad P_1 = P_0 \times \frac{\mu_1}{\mu_0},$$

P_0 et μ_0 étant la puissance et la pression atmosphérique au sol. Le moteur à compression optima à la même altitude H_1 donne une puissance

$$(2) \qquad P'_1 = P_0 \times \frac{\mu_1}{\mu_3} \times \frac{\eta_1}{\eta_0}.$$

Le calcul montre que ce gain est maxima vers 5000^{m} *et de l'ordre de* 20 *pour* 100. Le dispositif permet l'obtention d'un gain supplémentaire





Moteur fixe d'aviation en étoile.
E, dispositif Damblanc; C et D, magnétos; A, support du dispositif; F, axe de commande du système.

provenant de l'augmentation de la cylindrée. Appelons r le rayon de manivelle pour la compression minima (marche au sol). A l'altitude correspondant à la compression optima, le rayon primitif est augmenté, de deux fois l'excentrage, ce qui fait que la course maximum devient $l' = l + 4e$ en appelant e la distance qui sépare le centre du maneton, du centre du manchon mobile; la cylindrée primitive est donc augmentée de

$$(3) \qquad \frac{\pi d^2}{4} \times N \times 4e;$$

dans cette formule, d représente l'alésage et N le nombre de cylindres. L'ensemble des gains donnés par les formules (2) et (3) est de l'ordre de 100 CV pour un moteur qui, sans mon dispositif, donnerait 230 CV au sol. Des expériences, avec boîte de dépression au carburateur, ont confirmé les conclusions précédentes. En résumé, tout se passe comme si nous augmentions la puissance au sol d'environ 50 pour 100. Au point de vue théorique, rien ne nous empêche d'adapter indéfiniment la compression optima à toutes les altitudes. En réalité, les considérations d'encombrement, d'obliquité des bielles et surtout d'équilibrage, imposent une limite pratique à l'augmentation de compression qui s'établit vers $\rho = 10$ (altitude = 10000^{m}).

Les avantages de ce dispositif mécanique sont les suivants :

1° Diminution des pertes de puissance dans des proportions considérables jusqu'à 5000^{m} et au-dessus, gain de puissance de 35 pour 100 par rapport au moteur ordinaire; 2° le moteur est normal à toutes les altitudes, c'est-à-dire qu'il reçoit à tous moments la compression optima, le taux de fatigue restant toujours constant; 3° grande souplesse de manœuvre, sans effort appréciable; 4° diminution très sensible de la consommation en carburant, par suite d'un rendement thermique élevé; 5° l'encombrement du dispositif est nul et son poids (8^{kg}) insignifiant. Toutes choses égales, le poids du moteur par cheval est ramené à $0^{kg},700$ (moteur extra-léger); 6° aucun danger d'incendie et même en cas de grippage ou de blocage du dispositif, le moteur peut continuer à tourner.

PHYSIQUE. — *Variation de la viscosité des fluides en fonction du volume.* Note (¹) de M. JEAN DUBIEF, présentée par M. M. Brillouin.

I. On démontre en théorie cinétique que le coefficient de frottement intérieur η_0 est proportionnel : 1° à la masse de gaz M′ se diffusant à travers l'unité de surface pendant l'unité de temps; 2° au chemin moyen L.

En d'autres termes, nous avons la relation fondamentale

$$\eta_0 = 2M'L. \tag{1}$$

Mais on a

$$M' = \frac{1}{6}N_1 mu \tag{2}$$

(¹) Séance du 30 mars 1925.

et

(3) $$L = \frac{\lambda^3}{\pi\sqrt{2}\rho^2},$$

où N_1 représente le nombre de molécules contenues dans l'unité de volume, m la masse d'une molécule, u la vitesse moyenne, λ la distance moyenne et ρ le diamètre de choc.

Ces relations ne sont applicables qu'aux gaz parfaits. Pour un fluide réel, on démontre que la relation (2) doit être corrigée. Je démontre au moyen d'un procédé de calcul classique que si M'_1 est la masse de gaz réel se diffusant à travers l'unité de surface pendant l'unité de temps, on a (cas d'une molécule sphérique)

$$M'_1 = M' \frac{v}{v - b_0} \quad (b_0 = \text{covolume de Van der Waals, } v = \text{volume du gaz}).$$

On ne doit pas corriger L. L'équation (1) devient

(4) $$\eta = 2M'_1 L = 2M'L \frac{v}{v - b_0} = \eta_0 \frac{v}{v - b_0}.$$

Autrement dit : la viscosité d'un gaz réel, à la température T, comprimé sous le volume v, est égale à celle qu'il aurait à l'état de gaz parfait multipliée par le rapport $\frac{v}{v - b_0}$.

Cette relation se trouve remarquablement vérifiée pour l'*anhydride carbonique*. Van der Waals donne pour ce gaz : $b_0 = 0{,}0023$ (système d'unités $p = 1$, $v = 1$ à 0°C.).

Au moyen des expériences de Philipps (1) nous obtenons $b_0 = 0{,}002363$ en bon accord avec la valeur précédente.

Vérifications numériques :

p (atm.) (Philipps).	v (Amagat).	η obs. en C.G.S. (Philipps).	η calc. (J. D.).
		CO_2 à 20°.	
1	″	148×10^{-6}	base
40	0,01972	166×10^{-6}	168×10^{-6}
50	0,01360	177×10^{-6}	179×10^{-6}
56	0,01035	186×10^{-6}	191×10^{-6}
		CO_2 à 30°.	
1	″	153×10^{-6}	base
40	0,02147	168×10^{-6}	171×10^{-6}
60	0,01133	187×10^{-6}	192×10^{-6}

(1) *Proc. R. Soc. London*, 87A, 1912, p. 56, 57.

A partir d'un certain volume $\left(v = \frac{12}{\pi} b_0\right)$ b_0 doit diminuer. Soit b sa valeur sous le volume v. Je trouve théoriquement que dans le cas d'un gaz polyatomique, on a

$$(4)' \qquad \eta = \eta_0 \frac{v}{v - b}, \qquad b = b_0 \left[\frac{3}{4}\sqrt[3]{\frac{2\pi}{3}\frac{v}{b_0}} - \frac{24}{\pi}\frac{v}{b_0}\right]$$

où b_0 a la même signification que dans l'équation (4) (= 0,002363).

Les vérifications expérimentales sont aussi satisfaisantes que possible.

II. L'équation (4) peut se mettre sous la forme

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{v}{v - b_0}.$$

De même l'équation de Van der Waals peut s'écrire

$$\frac{v}{v - b_0} = \left(p + \frac{a}{v^2}\right)\frac{v}{\mathrm{RT}}.$$

On a donc

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{v}{v - b_0} = \left(p + \frac{a}{v^2}\right)\frac{v}{\mathrm{RT}}.$$

Cette relation ne se vérifie pas plus mal que celle de Van der Waals. Les écarts sont probablement dus à l'imperfection de cette dernière.

De même l'équation de Dieterici donne

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{v}{v - b_0} = \frac{pv}{\mathrm{RT}} e^{\frac{\mathrm{C}}{v\mathrm{RT}}}.$$

On constate encore des écarts, mais ils sont moins grands qu'avec la relation de Van der Waals. L'accord serait bien meilleur si l'on possédait l'équation d'état rigoureuse.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la quantité de chaleur dégagée, sous forme de rayonnement γ, lors de la désintégration radioactive.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

La quantité d'énergie globale émise, sous forme de chaleur, par 1^g de radium en équilibre avec ses divers produits de désintégration jusqu'au Ra C inclusivement, est de 135 à 137^{cal} par heure [1], alors que le calcul de

[1] Rutherford et Robinson, *Phil. Mag.*, 25, 1913, p. 312.

la somme des énergies cinétiques des particules α et des rayons de recul émis (nombre d'atomes se désintégrant par seconde $Z = 3,57 . 10^{10}$) donne seulement $117^{cal},7$. Si l'on tient compte également de l'énergie transportée par les particules β, on détermine expérimentalement pour la quantité totale d'énergie émise sous forme corpusculaire (α, recul, et β) un chiffre moyen de 129,8 cal/heure ([1]), valeur encore notablement inférieure. Il est très probable que cette différence de $7^{cal},2$ n'est pas imputable à une détermination erronée des énergies des particules α, mais à l'effet du rayonnement γ pénétrant émis également lors de la désintégration.

1. Le mécanisme de la désintégration paraît comporter, comme fait primitif, l'émission par le noyau atomique d'un corpuscule α ou β. La perturbation produite par cette expulsion serait suivie d'un réarrangement des éléments nucléaires, avec transition de certains d'entre eux entre des niveaux d'énergie stationnaires et émission simultanée des rayons γ, par quanta entiers. Des expériences de Kovarik ([2]) suggèrent que très vraisemblablement, chaque éjection de corpuscule est suivie de l'émission *d'un seul* quantum γ. Or les spectres γ me sont apparus comme complexes, formés d'un grand nombre de raies, de fréquence et d'intensité très variables. Il y a lieu de penser que l'émission de corpuscules nucléaires par un même radioélément n'est pas suivie de l'émission d'un quantum γ d'énergie *constante*, mais que cette dernière peut, au contraire, être variable. Le RaB, par exemple, émettra *plusieurs* fréquences γ, dont certaines auront une probabilité d'émission plus grande que d'autres. L'intensité avec laquelle chacune de ces fréquences est représentée dans le spectre γ du RaB mesure, en gros, cette probabilité. J'ai porté dans le tableau suivant les énergies en kilovolts des radiations monochromatiques γ du RaB + C, telles que me les ont fournies les spectres β photo-électriques avec leurs intensités et, par suite, leurs probabilités relatives :

([1]) Rutherford (*loc. cit.*) donne $103^{cal},5$ pour l'émission calorifique de l'émanation, sans absorption du rayonnement γ, tandis que Hesz (*Wien. Ber.*, 121, 1912, p. 1419) donne $25^{cal},2$ pour l'émission du radium seul, soit un total de $128^{cal},7$.

St. Meyer et Hesz ont mesuré expérimentalement (*Wien. Ber.*, 121, 1912, p. 603) $132^{cal},3$ pour l'émission globale du radium et de ses produits (18 pour 100 de rayons γ absorbés), soit 130,9 pour l'émission corpusculaire seule.

J'ai pris la moyenne de ces deux chiffres 128,7 et 130,9, soit $129^{cal},8$ par heure.

([2]) Kovarik, *Phys. Rev.*, 23, mai 1924, p. 559.

Ra B.

Intensité I	25	6	30	40	$\Sigma = 101$
Énergie V (kilovolts)	240,9	257,2	293,8	352,2	
$\frac{I}{\Sigma I} \times V$	59,7	15,3	87,2	139,5	$\Sigma = 302$

Ra C.

I	8	30	8	6	13	7	16	8	2	$\Sigma = 98$
V	507,2	610,1	770,5	937,6	1128,6	1244	1423	1778	2216	
$\frac{I}{\Sigma I} \times V$	41	186,5	62,1	57	149,8	88	232,5	145,6	44,8	$\Sigma = 1010$

On peut calculer ainsi le quantum moyen émis $h\nu$, correspondant à l'énergie $E\gamma$ irradiée sous forme γ, c'est-à-dire tel que

$$E\gamma = n_1 h\nu_1 + n_2 h\nu_2 + \ldots = Z \times h\nu \quad \text{avec} \quad n_1 + n_2 + \ldots = Z,$$

$n_1 n_2 n_3 \ldots$ étant le nombre de quanta $h\nu_1 h\nu_2 \ldots$ respectivement émis par seconde. Les radiations moyennes $h\nu$ déduites du tableau sont de 302 000 volts pour le RaB, de 1010 000 volts pour RaC; enfin elle serait de 187 000 volts pour le radium qui n'émet qu'une seule ligne. En sorte que du Ra au RaC

$$\Sigma h\nu = 1490\,000 \text{ volts} \quad \text{et} \quad E\gamma = Z \times \Sigma h\nu = 0,841 \times 10^5 \text{ ergs},$$

c'est-à-dire une quantité de chaleur de 7,25 grammes-calories par heure (dont 6,3 pour RaB + C). C'est là exactement la différence précédemment observée entre les valeurs expérimentales de l'énergie totale et de l'énergie corpusculaire émises par le radium [1].

Si d'autre part on attribue 12 gr-cal/heure à l'émission β primaire, due aux électrons de désintégration (différence entre l'émission $E_\alpha + E_\beta = 129^{cal},8$ et l'émission E_α calculée : $E_\alpha = 117^{cal},7$) on peut donner la distribution suivante des effets calorifiques entre les diverses radiations du radium et de ses produits :

---

(1) Meitner (*Naturwissenschaften*, **12**, 1924, p. 1146), en ne tenant que des raies γ de quantum le plus élevé, trouvait par le calcul $E\gamma = 15^{cal},3$, valeur trop élevée.

Ellis, récemment (*Cambr. Phil. Society*, février 1925), a mesuré expérimentalement l'effet calorifique des radiations γ du RaB + C et trouve $8^{cal},1$, mais il est possible que ses expériences mesurent également les rayons β rapides et, par suite, que ce nombre soit trop élevé.

Émission α et recul..........	$E_\alpha =$	117,7 gr. cal./heure	
Émission β primaire.........	$E_\beta =$	12	»
Émission γ..................	$E_\gamma =$	7,2	»
Émission globale...........	E	136,9	»

L'émission E_β primaire est uniquement due aux produits B et C : l'effet calorifique des rayons β de ces corps serait double de l'effet de leurs radiations γ.

2. L'énergie émise sous forme de rayonnement γ au cours de la désintégration n'est nullement négligeable : pour Ra B + C, elle atteint 16 pour 100 de l'effet calorifique total. Le calcul précédent rend compte de la différence observée entre l'effet calorifique total et l'effet des radiations corpusculaires, et par suite renforce l'hypothèse primitive : chaque processus de désintégration, c'est-à-dire chaque émission de corpuscules par le noyau, est suivi de l'émission *d'une seule* entité γ, mais le quantum de celle-ci peut être *variable*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Neutralisation viscosimétrique des monoacides par les alcalis. Comparaison des chlorate, bromate et nitrate alcalins.* Note (¹) de M. **Louis-Jacques Simon**.

Poursuivant l'étude de la détermination par la viscosité en solution aqueuse de la neutralisation des acides par les alcalis, nous avons désiré établir une double comparaison entre le cas déjà examiné (²) de l'acide chlorique, d'une part avec l'acide bromique, à cause de l'isomorphisme des chlorates et bromates, et d'autre part avec l'acide nitrique à cause de l'analogie des symboles.

Expériences et calculs ont été conduits comme précédemment (*loc. cit*) : avec des liqueurs alcalines et acides du même titre, on a fait des mélanges de composition régulièrement variable. Pour chacun de ces mélanges, on a déterminé la viscosité à différentes températures comprises entre 8° et 25°, et l'on a relié toutes ces valeurs en fonction de la température par une formule hyperbolique $\eta . 10^4 = \frac{k(a-t)}{b+t}$. Dans certains cas la solubilité relativement faible des sels à basse température nous a contraint à limiter l'ampli-

(¹) Séance du 6 avril 1925.
(²) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 822.

tude des mesures et à opérer entre 15° et 25° par exemple avec les acides chlorique et bromique vis-à-vis de la potasse. Pour les acides chlorique et bromique, on a employé des solutions de titre $\theta = 1$ avec des solutions alcalines de même titre; pour l'acide bromique on n'a pu dépasser le titre $\theta = 0,75$.

D'autre part, pour chacun des acides et leurs sels de sodium ainsi que pour le nitrate de potassium, on a suivi la variation de la viscosité avec le titre moléculaire. Le diagramme I représente ces variations pour la température de 15°; on y a inscrit également — à titre d'indication — des éléments de courbe relatifs aux chlorate et bromate de potassium peu solubles à cette température : le dernier point figuratif pour le chlorate de potassium a été obtenu avec une solution *sursaturée* provenant d'une expérience de neutralisation.

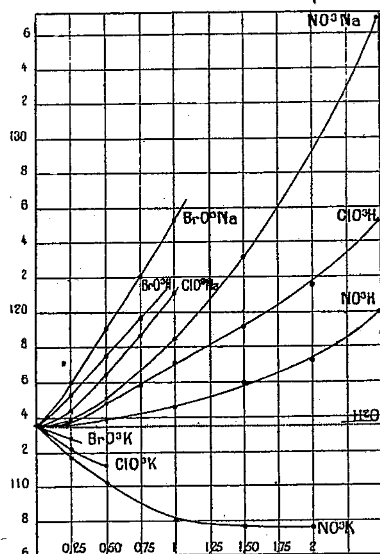


Fig. 1.

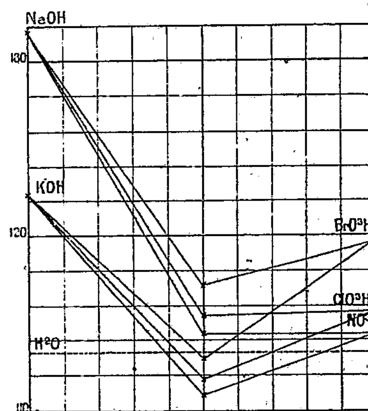


Fig. 2.

Fig. 1. — Variation de la viscosité avec le titre θ à 15°.
Fig. 2. — Neutralisation viscosimétrique des monoacides par les alcalis de titre $\theta = 0,75$ à 15°.

On a ainsi le moyen d'avoir, *dans les limites indiquées*, la viscosité à une température et une concentration quelconque. On a donc pu rendre comparables les résultats, à la température de 15° et pour le titre unique $\theta = 0,75$. C'est ainsi qu'a été construit le diagramme II.

Résultats. — I. La neutralisation peut être mise en évidence d'une manière particulièrement nette pour les trois monoacides au moyen de la

viscosité : *les points expérimentaux s'alignent sur des droites se coupant exactement sur l'ordonnée relative à des proportions équimoléculaires d'acide et d'alcali* correspondant donc à la solution de sel neutre de titre moitié.

II. Si les viscosités des trois acides sont nettement distinctes, celles de leurs sels *de potassium et de sodium à concentration égale sont respectivement très voisines;* il en est de même de leurs mélanges avec l'alcali respectif. Que faut-il en conclure? Peut-on continuer à penser que la viscosité et l'isomorphisme sont liés? Faut-il au contraire penser qu'il s'agit de la similitude de symboles? A ce point de vue il serait intéressant de comparer la viscosité en solution aqueuse du nitrate de sodium NO^3Na à celle du métaphosphate monomoléculaire PO^3Na dont M. Pascal (1) a récemment indiqué le mode d'obtention.

III. Il y a lieu de faire remarquer que la variation avec la concentration *sépare nettement le chlorate et le bromate de sodium du nitrate;* pour les premiers on observe une proportionnalité à la concentration qui ne se présente pas pour le nitrate et l'on peut en dire autant des acides. On peut représenter (2) les viscosités — au facteur 10^4 près — par les formules linéaires :

Pour ClO^3H	$112,54 + 4,38\theta$
Pour ClO^3Na	$112,21 + 8,52\theta$
Pour BrO^3H	$113,27 + 8,38\theta$
Pour BrO^3Na	$112,74 + 12,48\theta$

valables pour les valeurs de θ comprises entre 0,25 et 1.

IV. Enfin on remarque encore ici, comme dans les cas analogues, que la viscosité des sels de potassium à la concentration où nous les avons examinés est négative; à la limite de précision de nos mesures elle est invariable pour le nitrate à partir du titre moléculaire $\theta = 1,5$.

En résumé : la mesure de la viscosité en solution aqueuse met en évidence d'une façon particulièrement nette la neutralisation des monoacides examinés; par contre, elle n'autorise pas de conclusion en ce qui concerne la relation entre la viscosité et l'isomorphisme que nous avons observée précédemment sur les polyacides.

---

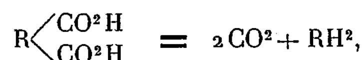
(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **33**, 1923, p. 614.

(2) Je saisis cette occasion de rectifier une erreur introduite dans le texte de la Communication citée plus haut : il n'est pas exact de dire que la substitution d'un atome de sodium à l'atome d'hydrogène de l'acide chlorique ne modifie pas la viscosité. Ce qui est vrai, c'est que ces viscosités sont les mêmes si l'on compare le sel à un titre moitié de celui de l'acide.

PHOTOCHIMIE. — *Sur la photolyse des acides bibasiques.* Note de M. Volmar, présentée par M. Daniel Berthelot.

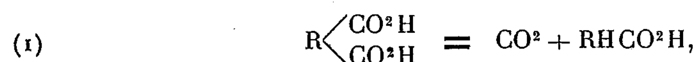
MM. D. Berthelot et Gaudechon ont montré ([1]) que, dans l'acide oxalique, les deux carboxyles ne présentent pas la même résistance aux radiations lumineuses, l'un d'eux étant photolysé dès le début de l'ultraviolet moyen ($\lambda = 0^{\mu},3$), l'autre exigeant, au contraire, l'intervention de radiations de longueur d'onde beaucoup plus courte ($0^{\mu},2$).

La photolyse des acides bibasiques s'effectuerait donc, non suivant la réaction unique



$$R\langle^{CO^2H}_{CO^2H} = 2CO^2 + RH^2,$$

mais en deux phases, avec formation intermédiaire d'acide monobasique :



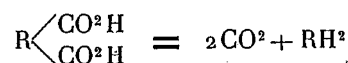
$$(1) \qquad R\langle^{CO^2H}_{CO^2H} = CO^2 + RHCO^2H,$$



$$(2) \qquad RHCO^2H = CO^2 + RH^2.$$

Nous avons recherché si la loi de l'équivalence photochimique, appliquée à ces différentes réactions, permettait d'expliquer la différence de stabilité des deux carboxyles à la lumière et si le phénomène était général dans toute la série bibasique.

1° *La réaction*

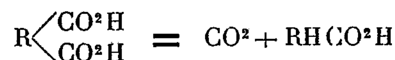


$$R\langle^{CO^2H}_{CO^2H} = 2CO^2 + RH^2$$

exige l'intervention de radiations de longueur d'onde voisine de $0^{\mu},18$; elle ne peut donc être obtenue avec les sources d'ultraviolet généralement utilisées, les radiations actives étant absorbées par le quartz.

2° *La photolyse partielle, avec formation d'acide monobasique, se produit avec des radiations de longueur d'onde relativement grande (ultraviolet moyen).*

En appliquant à la réaction



$$R\langle^{CO^2H}_{CO^2H} = CO^2 + RHCO^2H$$

le calcul indiqué par nous dans une précédente Note ([2]), nous avons trouvé que la quantité d'énergie Q, nécessaire pour la produire, est donnée par la

([1]) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 175.

([2]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 697.

relation

$$Q = q_{c'} - q_c + 138\,000^{cal},$$

$q_{c'}$ étant la chaleur de combustion de l'acide monobasique et q_c celle de l'acide bibasique.

Dans le cas particulier de l'acide oxalique, le calcul de Q doit être modifié, l'énergie de liaison H — carboxyle n'étant pas égale à l'énergie de liaison H — C dans une chaîne d'hydrocarbure; nous l'avons calculée d'après les données de Weinberg et trouvée égale à $44\,000^{cal}$.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Acides.	$q_{c'} - q_c$.	Q.	λ calculé.	λ observé.
	cal	cal	μ	
Oxalique.......	— 900	82 100	0,32	$0^{\mu},3$
Malonique.....	— 3900	132 900	0,23	$0^{\mu},25 > \lambda > 0^{\mu},2$
Succinique....	4800	143 600	0,21	»
Glutarique....	7900	146 000	0,20	»

3° *La photolyse du deuxième carboxyle avec formation de carbure exige l'intervention de radiations de longueur d'onde* $0^{\mu},21$, *caractéristique de la photolyse de la fonction acide* et ne se produit qu'à la limite de l'ultraviolet moyen.

En résumé : *l'introduction dans une molécule d'acide d'un deuxième carboxyle augmente sa sensibilité à la lumière; la longueur d'onde active est d'autant plus grande que les deux carboxyles sont plus voisins; l'acide oxalique, par suite de sa constitution spéciale, présente le maximum de sensibilité à la lumière. L'influence réciproque des deux carboxyles cesse rapidement quand la chaîne s'allonge; à partir de l'acide succinique, chacun se comporte comme s'il était seul, la photolyse se produit, comme pour les acides monobasiques, sous l'influence de radiations de longueur d'onde* $0^{\mu},21$.

Les résultats précédents ont été vérifiés expérimentalement; en exposant aux radiations émises par une lampe à vapeur de mercure des solutions à 1 pour 100 d'acides bibasiques placées dans des tubes de quartz à 25^{mm} de la paroi de la lampe, pour éviter l'influence des radiations extrêmes voisines de $\lambda = 0^{\mu},2$. Nous avons pu ainsi constater la formation d'acide formique et d'acide acétique dans la photolyse des acides oxalique et malonique. L'acide succinique ne nous a donné que des traces d'acide propionique, et l'acide glutarique ne nous a pas donné d'acide butyrique; la photolyse, dans ce dernier cas, a d'ailleurs été très faible, le volume de CO^2 recueilli au bout de 4 heures n'était que de $0^{cm^3},13$. Il y a donc accord complet entre les faits expérimentaux et la loi de l'équivalence photochimique.

BOTANIQUE. — *Homologies foliaires chez la Violette odorante : étamines et carpelles.* Note [1] de M. P. Bugnon, présentée par M. Guignard.

Pour saisir les homologies de l'*étamine* et du *carpelle* de la Violette avec les autres feuilles de la plante, il faut décrire une particularité des feuilles végétatives qui n'a pas été signalée dans les Notes précédentes [2]. Chaque stipule vient s'insérer, par la face dorsale de sa moitié voisine du plan foliaire médian, contre le rebord ventral correspondant du pétiole en gouttière (*fig.* 1). La face ventrale de la base foliaire présente donc, de chaque côté de la ligne médiane, une crête longitudinale qui prolonge le bord stipulaire jusqu'au fond de l'aisselle foliaire. Les deux crêtes s'élargissent en descendant et portent plusieurs séries d'appendices capités, comme les placentas portent plusieurs séries d'ovules; ces appendices tendent d'ailleurs à prendre une

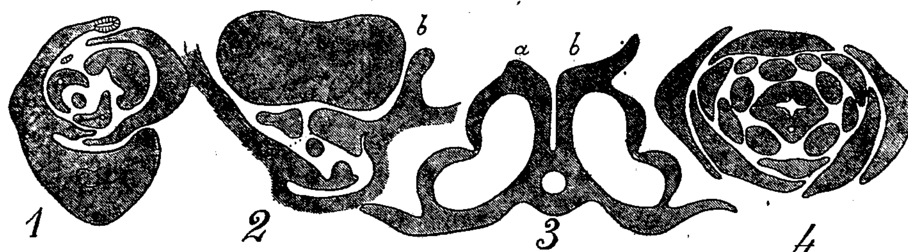


Fig. 1 à 4. — *Viola odorata* L. Coupes transversales : 1° de jeunes feuilles au voisinage de l'insertion des stipules contre la base pétiolaire (lame 1340, coupe 41 × 40); 2° de la région médiane ventrale d'une base foliaire, avec ses deux crêtes à plusieurs séries d'appendices : *a*, l'un de ceux-ci, d'aspect ovuliforme; *b*, base du pédoncule floral axillaire (l. 1329, c. 27 × 50); 3° de la région supérieure d'une anthère adulte avec, d'un côté, une saillie (*a*) et, de l'autre, une expansion lamelleuse (*b*) marquant le bord, voisin du plan médian, des lobes stipulaires pollinifères (l. 1295, c. 24 × 40); 4° d'un jeune bouton floral encore enveloppé dans ses deux bractées, dans le pistil, le placenta médian postérieur se montre dédoublé (l. 1374, c. 33 × 50).

forme plus trapue : quelques-uns simulent même de jeunes ovules anatropes (*fig.* 2). Cette disposition d'ensemble est d'autant plus intéressante à noter que, comme l'a observé Borbas, il peut y avoir concrescence tératologique des stipules avec le pétiole et même avec la base du limbe dans des feuilles végétatives (*Viola pumila* Vill.) et que des ovules rudimentaires peuvent remplacer les appendices capités, comme l'a observé Henslow sur les marges des sépales dans des fleurs virescentes de *Viola odorata* L. [3].

Étamine. — Toutes les étamines peuvent présenter, tératologiquement, l'appendice dorsal que possèdent les deux étamines antérieures. Un appendice dorsal homo-

[1] Séance du 6 avril 1925.
[2] P. Bugnon, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 682 et 1042.
[3] O. Penzig, *Pflanzen-Teratologie*, 1, 1890, p. 283.

logue existe, quoique très réduit, à la base des pétales non éperonnés. Les appendices staminaux, d'habitudes pleins, peuvent être creux et leur cavité peut prendre l'aspect, l'importance et l'organisation de celle des éperons pétalins. Les étamines, enfin, peuvent subir une pétalisation plus ou moins complète, avec production d'un éperon semblable à celui du pétale antérieur et placé comme l'appendice staminal. Par conséquent, la région appendiculée des étamines correspond à la région éperonnée des pétales; les étamines sont assimilables comme les pétales à des *protophyllodes*. Leur base d'insertion, nommée *filet* malgré sa brièveté, n'est pas homologue d'un pétiole, mais d'un *podode*. Le connectif correspond au lobe pétio-limbaire. Les deux régions latérales portant les sacs polliniques sont homologues des lobes stipulaires. Les deux sacs voisins du plan médian correspondent aux crêtes ventrales qui prolongent les bords stipulaires internes dans les feuilles végétatives; dans la partie supérieure de ces sacs, le bord libre des crêtes est marqué par une saillie longitudinale ou, parfois, par une expansion lamelleuse identique à celle qui représente le bord stipulaire marginal (*fig.* 3). Les étamines ne possèdent normalement qu'un seul faisceau conducteur, celui du lobe pétio-limbaire; c'est la formation du tissu sporogène qui paraît remplacer celle du tissu conducteur dans les lobes stipulaires : il arrive, en effet, que le tissu sporogène ne se différencie pas dans les sacs polliniques marginaux et qu'un faisceau libero-ligneux se forme alors à sa place.

Pour comprendre l'organisation des anthères à quatre sacs polliniques de la Violette, il n'est donc pas nécessaire d'admettre, comme l'ont fait entre autres Braun, Wydler, Celakovsky, Müller, Molliard [1] pour les étamines en général, un dédoublement du limbe de chaque côté de la nervure médiane, la lame ventrale ainsi produite représentant une émergence sans équivalent dans la feuille végétative.

Carpelle. — L'existence de trois placentas pariétaux dans l'ovaire uniloculaire a fait admettre celle de trois feuilles carpellaires ouvertes, congénitalement concrescentes sur toute leur longueur par leurs bords latéraux, aux dépens desquels se forment les placentas. On peut admettre plus simplement une seule feuille carpellaire close, holomogue d'une feuille végétative engainant complètement l'axe : le placenta médian postérieur correspond à ses deux bords marginaux concrescents; les deux placentas latéraux correspondent aux crêtes ventrales qui prolongent les bords stipulaires voisins du plan médian; les trois faisceaux conducteurs médians des trois carpelles supposés représentent : l'antérieur, le faisceau médian du lobe pétio-limbaire; les deux latéraux, les faisceaux médians des lobes stipulaires.

Par rapport aux pièces des trois verticilles externes, la position phyllotaxique des deux carpelles latéraux supposés est discordante; cette discordance n'existe plus si l'on admet une seule feuille carpellaire médiane, car ses deux régions stipulaires et leurs faisceaux médians sont situés comme ceux d'une feuille végétative engainant complètement l'axe. Le faisceau pistillaire médian et intérieur, qui est le premier differencié et qui devient le plus important, se prolonge seul dans le style; les trois carpelles supposés ne seraient donc pas équivalents; ce trait de structure trouve aussi une explication naturelle dans la nouvelle hypothèse : la différence entre les trois

---

(1) M. Molliard, *Rev. gén. de Bot.*, 8, 1896, p. 273.

faisceaux principaux du pistil est l'image fidèle de celle qui existe entre ceux d'une feuille végétative. Seul, dans mes préparations, le placenta médian postérieur s'est montré parfois plus ou moins dédoublé (*fig.* 4) : cette particularité paraît s'expliquer le mieux encore si l'on admet que, seul, ce placenta résulte d'une concrescence de bords carpellaires, concrescence qui peut être plus ou moins étroite.

En résumé, les *étamines* de la Violette odorante sont homologues des pétales; pour interpréter le *pistil*, l'hypothèse d'*une seule feuille carpellaire* close, médiane et antérieure, paraît à la fois la plus simple et la meilleure.

BOTANIQUE. — *Variations dans la composition du jus d'une betterave suivant l'état de désintégration du tissu et des procédés de pression.* Note de M. O. **Munerati**, présentée par M. Molliard.

Les importants résultats présentés par MM. H. Colin et A. Grandsire dans leur récente Communication [1] me décident à publier quelques faits observés par moi sur la betterave en me bornant aux constatations les plus saillantes.

Si l'on prive une betterave du collet et du tiers inférieur de la racine, de manière à obtenir un tronc de cône, si l'on soumet ce tronçon à des pressions successives et graduellement croissantes de 50, 100, 150, 200, 300 et, si possible, de 350 et 400 atmosphères, et si l'on recueille séparément les jus à chacune de ces pressions, on constate que la teneur en matière sèche de chacun de ces jus (déterminés au réfractomètre) va nettement en décroissant à mesure que la pression augmente.

Si, avec un couteau, on réduit en cubes grossiers de la grosseur d'une noisette le tissu soumis à cette première opération, et que l'on soumette ces cubes à des pressions successivement croissantes, on trouve que le premier jus a une teneur en matière sèche nettement plus élevée que celle du premier jus du tronçon non coupé, et que les jus obtenus à des pressions plus élevées ont une teneur décroissante, mais toujours plus élevée que précédemment.

En reprenant l'amas du tissu provenant de la deuxième pression pour le réduire en pulpe grossière avec un hache-cossettes et en le soumettant une troisième fois à des pressions croissantes, on peut observer que le premier jus a encore une teneur en matière sèche nettement plus élevée que le

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 599-601.

premier jus de la seconde série, tandis que les portions de jus successivement recueillies ont des teneurs progressivement décroissantes mais dont les différences sont moins accusées que dans les deux premiers cas.

Enfin si l'on reprend l'amas restant et si on le réduit en pulpe très fine à la presse Herles, le premier jus accuse une teneur plus élevée comparativement aux précédents, mais les portions suivantes ne présentent avec lui que des différences presque négligeables.

Les chiffres suivants ont été obtenus avec une betterave à sucre.

Atm.......	0.	50.	100.	150.	200.	250.	300.	350.	Saccharose dans le jus.
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Tronçon entier.......	—	16,4	16,1	15,7	15,2	14,8	14,5	14,1	13,1
Amas réduit grossièrement après première pression...........	17,1	16,9	16,6	16,4	16,1	15,9	15,7	15,6	13,9
Amas réduit plus finement après deuxième pression...........	18,3	18,1	17,9	17,7	17,7	17,5	17,4	17,4	15,5
Amas passé à la presse Herles après troisième pression.....	19,1	19,1	19,0	19,0	19,0	19,0	18,9	18,8	16,9

On peut aussi opérer de la manière suivante :

On prend quatre tronçons de betteraves ayant une forme aussi régulière que possible et approximativement le même poids, on divise chaque tronçon en quatre parties par deux sections suivant l'axe et perpendiculaires entre elles et l'on constitue ensuite quatre échantillons pratiquement identiques et composés chacun d'un quart de chacune des betteraves.

Appelons A, B, C, D les quatre tronçons, et 1, 2, 3, 4 chacun de leurs quatre quarts respectifs, nous aurons :

Premier échantillon......................	$A_1 + B_1 + C_1 + D_1$
Deuxième »	$A_2 + B_2 + C_2 + D_2$
Troisième »	$A_3 + B_3 + C_3 + D_3$
Quatrième »	$A_4 + B_4 + C_4 + D_4$

Évidemment, l'identité des quatre échantillons n'est pas absolue; mais, en étendant l'expérience à un grand nombre d'échantillons en série composés suivant le même procédé, on obtient des chiffres qui se compensent réciproquement et, par conséquent, des moyennes d'une exactitude presque absolue.

Pour préciser les conditions de l'expérience, appelons :

a l'essai dans lequel les quatre quarts sont soumis à la pression tels quels;
b celui où l'amas est pressé après avoir été réduit en fragments grossiers;
c celui où le pressage est effectué après traitement au hache-cossettes;
d celui où l'on presse la pulpe finie obtenue à la presse Herles.

Le premier échantillon est soumis à des pressions successives : les quatre quarts tels quels (*a*); l'amas exprimé étant réduit en gros fragments (*b*); l'amas exprimé ayant été traité au hache-cossettes (*c*); l'amas exprimé pour la troisième fois ayant été passé à la presse Herles (*d*).

Pour le deuxième échantillon, on ne soumet pas à la pression les quatre quarts tels quels, mais on les réduit directement en fragments grossiers (*b*); après pression et extraction du jus, on les réduit en pulpe grossière au hache-cossettes (*c*); puis après pression et extraction du jus on réduit en pulpe fine (*d*) pour en extraire le dernier jus.

Pour le troisième échantillon, on omet les opérations *a* et *b*, et l'on réduit directement les quatre quarts en pulpe grossière (*c*), qu'on soumet à la pression pour extraction du jus, puis l'amas est réduit en pulpe fine (*d*), pour une deuxième et définitive pression.

Enfin les quatre quarts du dernier échantillon sont passés directement à la presse Herles; on a ainsi la pulpe fine de laquelle on tire par pression tout le jus.

Le tableau ci-dessous reproduit les chiffres de moyennes obtenus dans un des cas de plus grande similitude des échantillons d'une série.

	Matière sèche pour 100.				Sucre pour 100.			
	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*a.*	*b.*	*c.*	*d.*
Premier échantillon	16,1	16,8	18,6	19,3	13,5	15,2	15,9	16,7
Deuxième »	»	16,4	18,5	19,2	»	13,7	15,8	16,3
Troisième »	»	»	18,1	19,0	»	»	15,7	16,1
Quatrième »	»	»	»	18,5	»	»	»	15,7

Dans leur ensemble les faits observés expliquent, au moins en partie, les anomalies qu'on enregistre quelquefois dans le rapport entre la richesse en saccharose de la pulpe et celle du jus. Ils montrent en outre que pour tirer parti de la sensibilité des densimètres, et évaluer aussi exactement que possible le quotient de pureté, il est absolument nécessaire d'extraire le jus d'une pulpe standardisée.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Relation linéaire entre les quantités successives d'acide phosphorique et d'azote contenues dans la feuille de la vigne bien alimentée.* Note de MM. **H. Lagatu** et **L. Maume**, présentée par M. P. Viala.

Dans la vigne d'expérience de Grammont [1], la parcelle ayant reçu la fumure B a donné en 1924, pour 130 souches, 795^{kg} de raisin, soit 226^{hl} de vin de 9° à l'hectare. Ce rendement très élevé pour un coteau, la végétation luxuriante et la beauté des fruits permettent de dire que dans cette parcelle la vigne a été *bien alimentée*.

Les échantillons périodiques de feuilles, prélevés en 1924 dans les conditions décrites dans nos précédentes Notes, ont fourni pour 100 de matière sèche, des quantités M_u d'acide phosphorique (P^2O^5) et M_v d'azote, dont on peut représenter les variations simultanées en prenant pour abscisse la quantité d'acide phosphorique et pour ordonnée la quantité d'azote existant dans la feuille à la même époque. La droite passant par les deux points relatifs aux époques 2 (12 juillet) et 4 (13 septembre) a pour équation

$$M_v = 6,339 M_u - 0,409.$$

Les ordonnées de cette droite qui correspondent aux quantités successives d'acide phosphorique trouvées par l'analyse diffèrent peu des quantités d'azote trouvées expérimentalement. Voici l'approximation :

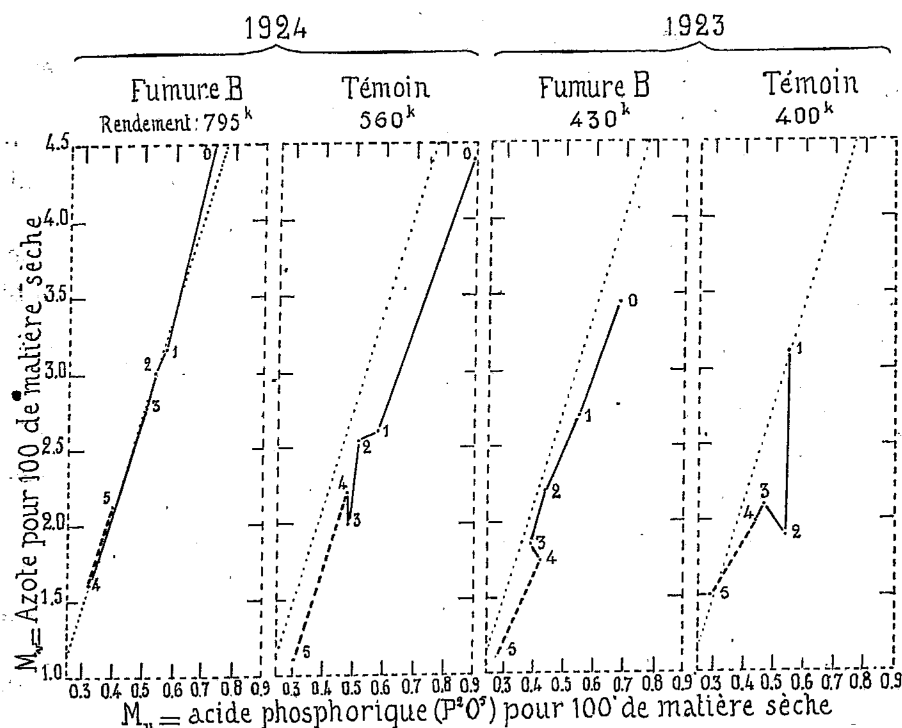
Numéro d'ordre des échantillons.	Dates des prélèvements.	P^2O^5 valeur expér. M_u.	Azote valeur expér. M'_v.	Azote valeur calculée M_v.	Erreur absolue $M'_v - M_v$.	Erreur relative $\frac{M'_v - M_v}{M'_v}$.
0.......	10 mai	0,736	4,50	4,257	+0,243	+0,054
1.......	14 juin	0,576	3,14	3,242	—0,102	—0,032
2.......	12 juillet	0,544	3,04	3,04	0	0
3.......	9 août	0,512	2,78	2,837	—0,057	—0,021
4.......	13 sept.	0,320	1,62	1,62	0	0
5.......	12 oct.	0,409	2,17	2,184	—0,014	—0,006

Cette approximation se traduit par une coïncidence presque complète du graphique expérimental avec la droite en question. Nous donnons ce graphique en prenant pour l'échelle de l'acide phosphorique un module double de celui de l'échelle de l'azote.

(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 782 et 932.

Si nous interprétons le graphique en admettant que la droite représente le processus de la meilleure alimentation en ce qui concerne l'équilibre de l'acide phosphorique et de l'azote, nous sommes conduits aux conclusions suivantes :

1° En mai, l'azote est en léger excès relatif; sans doute parce que la partie nitrique



de la fumure, jointe à l'azote nitrifié par une saison favorable, exagère l'absorption relative de l'azote : fait qui pourrait devenir nuisible à la plante (la parcelle où dans la fumure B l'azote organique a été totalement remplacé par l'azote nitrique n'a donné en 1924 que 84 pour 100 du rendement de B);

2° En juin, juillet, août et septembre, l'équilibre souhaitable est réalisé;

3° Après vendange, de septembre à octobre, la feuille rajeunit chimiquement en ce qui concerne l'équilibre azote-acide phosphorique : fait qui est corroboré par le bel aspect de la végétation d'arrière-saison et la persistance du feuillage vert jusqu'au milieu de novembre, alors qu'au début de novembre la parcelle témoin ne portait plus aucune feuille.

Du même point de vue, les trois autres graphiques montrent, par leur longueur, leur place et leur forme, que l'abaissement de la récolte concorde avec l'écart par rapport au graphique optimum. La terre non fumée livre à la plante moins d'azote qu'il ne faut pour l'acide phosphorique disponible ; la même insuffisance relative d'azote se retrouve dans la parcelle ayant reçu la fumure B lorsque (1923) la sécheresse a entravé la nitrification de l'azote organique (en 1923 la parcelle où dans la

fumure B l'azote organique a été totalement remplacé par l'azote nitrique a donné 112 pour 100 du rendement de B).

Nos observations relatives à l'acide phosphorique et à l'azote apportent donc des conclusions analogues à celles que nous avons déjà indiquées pour les trois bases : chaux, magnésie, potasse. Cet ensemble de constatations fait entrevoir une doctrine qui, sous réserve d'observations ultérieures, peut se résumer ainsi :

1° Dans la plante bien alimentée et à fort rendement, l'évolution des rapports physiologiques des principes fertilisants, observée dans la feuille, paraît obéir à certaines lois très simples;

2° Ce processus chimique optimum peut servir de référence pour reconnaître, dans le cas d'alimentation défectueuse et de rendement faible, l'insuffisance ou l'excès d'un principe fertilisant par rapport aux autres.

PHYSIOLOGIE. — *Loi bioénergique quantitative de la formation des hydrates de carbone aux dépens des protéiques et des graisses chez les végétaux.* Note de M. **Émile-F. Terroine**, M[lle] **S. Trautmann** et M. **R. Bonnet**, présentée par M. Guignard.

Lors de la germination à l'obscurité et sur eau distillée, processus qui consiste à peu près uniquement en une formation de cellulose aux dépens des réserves de la graine, le rendement énergétique brut varie en fonction de la nature de ces réserves : très élevé (72 pour 100) chez une graine riche en substances amylacées (riz), plus faible (62 pour 100) pour une teneur en amidon abaissée à côté d'une quantité plus grande de protéiques (lentilles), il diminue encore (53 pour 100) si c'est un mélange de protéiques et de graisses (arachide) qui constitue l'aliment de la plantule.

C'est en se fondant sur ces faits, observés par eux, que Terroine, Bonnet et Joessel formulent une loi qualitative : toute formation d'hydrates de carbone comporte une perte d'énergie considérable si elle s'opère aux dépens des protéiques; importante encore, mais plus faible, si elle a lieu à partir des graisses.

Mais ne peut-on aller plus loin, préciser la grandeur de la perte d'énergie, atteindre une loi quantitative. Tel est le problème que nous nous sommes posé. Or une telle loi ne peut exister que si, quantitativement, les phénomènes sont identiques chez tous les végétaux.

Et, s'il en est ainsi, on doit pouvoir prédire la valeur du rendement énergétique de la germination d'une graine quelconque uniquement d'après sa composition. C'est ce que nous avons tenté de vérifier en calculant tout d'abord, d'après les mesures antérieures ci-dessus rappelées, ce que serait la loi recherchée.

Pour permettre ce calcul nous avons réuni dans le tableau ci-dessous, à côté de la valeur du rendement énergétique, la répartition de l'énergie entre les divers constituants des réserves de la graine.

	Répartition de l'énergie pour 100 d'énergie potentielle totale.			Rendement énergétique
Espèce.	Protéiques.	Graisses.	Hyd. de carb.	pour 100.
Riz.............	9,8	5,3	84,9	72
Lentille..........	38,5	5,5	56,0	62
Arachide.........	21,9	69,7	8,4	53

Entre riz et lentilles, l'apport énergétique des graisses étant identique, la diminution de rendement ne peut être rapportée qu'à la substitution des protéiques aux hydrates de carbone. Cette substitution dans la proportion de 28,7 pour 100 (38,5 − 9,8) entraînant une chute de rendement de 10 pour 100, c'est dire qu'une substitution intégrale se traduirait par une perte d'énergie de 34,8 pour 100.

Comparons maintenant riz et arachide. L'augmentation d'énergie potentielle due aux protéiques est de 12 pour 100 (21,9 — 9,8); d'après la donnée précédente, elle abaissera le rendement de 4 pour 100. L'abaissement mesuré étant de 19 pour 100 (72 − 53), 15 pour 100 doivent être la conséquence de la substitution des graisses aux hydrates de carbone dans la proportion de 64,4 pour 100 (69,7 − 5,3). La substitution intégrale entraînerait ici une perte d'énergie de 23 pour 100.

En conséquence, si les faits observés précédemment sont, non la caractéristique spécifique d'un organisme, mais l'expression d'une loi générale, nous devons pouvoir en conclure que la formation des hydrates de carbone comporte une perte de 34,8 pour 100 de l'énergie engagée si elle s'opère aux dépens des protéiques, de 23 pour 100 si elle a lieu à partir des graisses.

Nous adressant alors à une série de graines, de compositions aussi variées que possible, d'une part nous avons calculé le rendement de la germination d'après les données précédentes et d'autre part l'avons directement mesuré. Le tableau ci-après réunit les éléments de calcul et les résultats.

Espèce.	Répartition de l'énergie en pour 100 d'énergie potentielle totale. Protéiques.	Graisses.	Hydrates de carbone.	Valeurs du rendement énergétique pour 100. Calculées.	Déterminées expérimentalement.
Lin	23,4	60,9	15,7	54	52
Soja noir	41,2	35,7	23,1	53	54
Blé	21,7	5,9	72,4	68	68
Maïs	14,5	12,8	72,7	69	68
Lupin blanc ..	44,8	18,2	37,0	56	57
Tournesol	17,4	66,3	16,3	55	55
Ricin	14,7	83,7	1,6	52	51

La complète identité, dans tous les cas étudiés, de la donnée expérimentale et de la valeur calculée prouve l'identité des processus et l'existence d'une loi générale présidant à la formation des hydrates de carbone chez les végétaux.

Il est bien évident que les équations chimiques représentant les transformations étudiées ne seront admissibles que si elles rendent compte des pertes d'énergie constatées. A cet égard, on peut dès maintenant signaler un fait intéressant : alors que nous relevons une perte d'énergie de 23 pour 100 dans la formation de la cellulose aux dépens des graisses, la réaction proposé par Zuntz pour expliquer la glycogenèse à partir des corps gras suppose une perte d'énergie de 24 pour 100. Les réactions de transformations seraient-elles donc, sinon identiques, tout au moins extrêmement voisines chez tous les êtres vivants? C'est là une question à laquelle il nous est encore impossible de répondre. Mais nous croyons dès maintenant pouvoir formuler la loi bioénergétique suivante :

Chez les végétaux, la transformation des protéiques en hydrates de carbone est accompagnée d'une perte de 35 *pour* 100 *de l'énergie métabolisée, celle des graisses d'une perte de* 23 *pour* 100.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Mécanisme de la production d'hydrogène aux dépens du glucose par le bacille* Coli. Note ([1]) de MM. **E. Aubel** et **J. Salabartan**, présentée par M. M. Molliard.

Harden ([2]) dans son travail sur la décomposition des hydrates de carbone par le bacille *Coli*, admet que la décomposition du glucose peut être

([1]) Séance du 6 avril 1925.

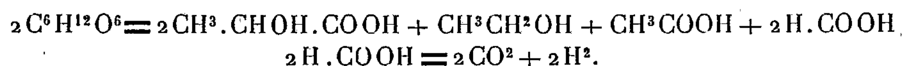
([2]) Harden, *Journ. of Ch. Soc.*, 79, 1901, p. 610.

représentée par la formule



$$2C^6H^{12}O^6 = 2CH^3.CHOH.COOH + CH^3COOH + CH^3CH^2OH + 2CO^2 + 2H^2$$

où il semble que le gaz carbonique et l'hydrogène soient produits secondairement aux dépens de l'acide formique, ainsi qu'il résulte des expériences de Hoppe Seyler (1), Pakes et Jollymann (2) et l'auteur (3); dans ce cas, la formule devrait être modifiée ainsi :



$$2C^6H^{12}O^6 = 2CH^3.CHOH.COOH + CH^3CH^2OH + CH^3COOH + 2H.COOH$$
$$2H.COOH = 2CO^2 + 2H^2.$$

Récemment Grey, dans une série de publications, a été amené à concevoir la naissance, sous l'influence d'enzymes sécrétées par le *Coli*, de trois groupes de substances aux dépens du glucose : 1° l'acide lactique; 2° l'alcool, l'acide acétique et l'acide succinique; 3° l'acide formique, le gaz carbonique et l'hydrogène. Nous retiendrons seulement, pour la présente Note, le fait que l'acide formique est rattaché au CO^2 et à l'H^2, qui en dérivent.

Il y a, à notre sens, dans ces résultats, une chose frappante : le départ d'hydrogène. Et à ce sujet on peut se demander si les représentations de Harden et de Grey, basées sur des résultats intéressants et incontestables, correspondent à la réalité. C'est ce que nous avons cherché à voir.

Si, suivant une technique analogue à celle de Harden, on cultive du *Coli* en anaérobie sur le milieu de Ringer additionné de sulfate d'ammoniaque (6g pour 1000) et de glucose (20g pour 1000) auquel on ajoute 10g de CO^3Ca, on constate que l'alcool, l'acide acétique, l'hydrogène et parfois le gaz carbonique, sont produits dans des proportions définies. Voici les résultats obtenus sur 200cm³ de liquide (4) :

Alcool	0g,12
Acide acétique	0g,20
CO^2	293cm³
H^2	124cm³

Ce qui se traduit par la formule



$$(1) \qquad C^6H^{12}O^6 = CH^3COOH + CH^2CH^2OH + 2CO^2 + 2H^2.$$

(1) Hoppe Seyler, *in* Harden.
(2) Pakes et Jollymann, *Journ. of Ch. Soc.*, 79, 1901, p. 386.
(3) Harden, *loc. cit.*, p. 623 et 624.
(4) Le bilan de la fermentation a été fait.

Si l'on compare, en effet, les chiffres calculés par 0g,2 d'acide acétique d'après l'équation ci-dessus aux chiffres trouvés, on a :

	Trouvé.	Calculé.
Alcool	0g,12	0g,15
Acide acétique	0g,2	0g,2
CO^2	293^{cm^3}	149^{cm^3}
H^2	124^{cm^3}	149^{cm^3}

Le chiffre d'hydrogène est un peu faible; il est très possible qu'une partie du gaz ait été employée à réduire certains composés. Pour le chiffre trop élevé de CO^2, il y a des réactions secondaires qui peuvent l'expliquer.

Nous admettrons donc la formule ci-dessus. On y voit que l'acide acétique et l'alcool correspondent molécule à molécule. Suivant Neuberg, il faut admettre que ces produits dérivent de deux molécules d'acétaldéhyde. En fait, il est possible d'isoler à l'aide du procédé au bisulfite de Neuberg l'acétaldéhyde du milieu. Neuberg et Nord (1) d'ailleurs ont déjà signalé le fait. Mais ceci ne rend pas compte du départ d'hydrogène. Il faut donc remonter plus haut.

Le précurseur de l'acétaldéhyde est l'acide pyruvique. Y en a-t-il? Non dans la fermentation précédente, oui dans d'autres cas (surtout en milieu aérobie) où nous avons pu isoler, caractériser et doser l'acide cétonique. Voici des chiffres qui se rapportent à une culture sur 200^{cm^3} (anaérobie) :

Alcool	0g,084
Acide acétique	0g,107
Acide pyruvique	0g,2
CO^2	$97^{cm^3},7$
H^2	$124^{cm^3},3$

L'acide pyruvique provient certainement du glucose. Un seul processus est possible :



(2) $$C^6H^{12}O^6 = 2CH^3.CO.COOH + 2H^2 + 12.000^{cal}.$$

C'est donc à ce stade qu'a lieu le départ de l'H^2. Dans l'expérience ci-dessus, les chiffres calculés pour 0g,107 d'acide acétique d'après l'équation (1) sont :

	Trouvé.	Calculé.
Alcool	0g,084	0g,082
Acide acétique	0g,107	0g,107
CO^2	$97^{cm^3},7$	$79^{cm^3},9$
H^2	$124^{cm^3},3$	$79^{cm^3},9$

(1) NEUBERG et NORD, *Bioch. Zeit.*, 96, 1919, p. 133 et 158.

Le chiffre d'hydrogène serait trop fort. Il faut ajouter au chiffre calculé l'hydrogène correspondant aux $0^{g},2$ d'acide pyruvique (évalués suivant la formule 2), soit 50^{cm^3}, on arrive au total $79,9 + 50 = 129^{cm^3},9$, ce qui vérifie la conclusion précédente.

Cette production d'hydrogène correspond à une véritable oxydation, mais à une oxydation par départ d'hydrogène, *sans accepteur d'hydrogène*. A notre connaissance on n'avait pas encore attiré l'attention sur un tel processus. Il reste à savoir quelles conséquences en découlent.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constitution chimique du cristallin normal et pathologique.* Note [1] de MM. **H. Labbé** et **F. Lavagna**, présentée par M. A. Desgrez.

Diverses hypothèses ont été émises sur la nature des modifications subies par les fibres cristalliniennes au cours de la formation de la cataracte sénile. Certaines théories admettent l'existence, dans le cristallin cataracté, d'un état de coagulation des albumines normales. Ces vues anciennes ont maintenant laissé la place aux explications qui s'appuient sur une modification chimique des constituants protéiques, avec tendance à la dégénérescence graisseuse.

Ces altérations sont-elles le résultat d'une déshydratation scléreuse du tissu, comme le pensait de Wecker? N'y a-t-il pas plutôt augmentation de la teneur en eau des fibres, ainsi que l'ont admis H. Dor et Deutschmann? Cette dernière façon de voir, actuellement en faveur, ne paraissant pas concorder avec tous les faits, certains auteurs, notamment Cahn, ont été amenés à expliquer la cataracte par une hydrolyse du contenu protéique, seul processus capable d'expliquer la perte d'azote que subit cet organe et dont la réalité fut constatée à plusieurs reprises. La présence de cristaux d'acides aminés : leucine, tyrosine, dans le contenu du cristallin pathologique, constitue une sérieuse présomption en faveur de cette hypothèse. Nous avons cherché à mettre en évidence l'existence de cette hydrolyse, et, le cas échéant, à élucider son mécanisme intime.

Dans ce but, nous avons effectué des recherches portant sur une centaine de cristallins de chevaux normaux et cataractés. Ces organes, par leurs dimensions, nous ont paru présenter, pour le but que nous poursuivions, de sérieux avantages sur les cristallins d'autres animaux.

---

(1) Séance du 30 mars 1925.

Nous avons simultanément déterminé : 1° la teneur en eau des tissus normaux et pathologiques; 2° leur teneur en azote total; 3° leur teneur en azote total formol-titrable; 4° après séparation des protéiques : la teneur en azote formol-titrable de l'albumine, d'une part, et des acides aminés et des sels ammoniacaux, d'autre part; 5° enfin, dans une autre série de recherches, nous avons dosé l'azote de la fraction soluble de l'albumine du cristallin.

Nous donnons un tableau résumant les moyennes des chiffres obtenus :

	Teneurs pour 100.	
	Cristal. normaux.	Cristal. cataractés.
Humidité	65,23	71,50
N total	15,54	10,62
N de l'albumine soluble	4,36	1,37
N formol total	2,49	2,60
N formol aminé	0,34	1,34

Voici, d'autre part, les valeurs moyennes des rapports que présentent quelques-uns de ces éléments entre eux :

	Cristal. normaux.	Cristal. cataractés.
$\frac{\text{N formol aminé}}{\text{N total}}$	0,0219	0,129
$\frac{\text{N total d'albumine soluble}}{\text{N total}}$	0,0156	0,0247

Nous croyons, en résumé, pouvoir tirer de ces chiffres les conclusions suivantes :

a. La teneur en eau du cristallin cataracté, chez le cheval, est plus grande que celle du cristallin normal, même en comparant les moyennes observées sur des animaux du même âge.

b. La teneur globale en azote s'abaisse considérablement dans le processus pathologique.

c. Cette diminution de l'azote porte, avant tout, sur l'albumine soluble; le taux de l'albumine insoluble semble persister presque sans variations.

d. L'azote formol-titrable augmente peu en valeur absolue, mais sa valeur croît nettement si on la compare à celle de l'azote total ou, mieux encore, si on la compare à celle de l'azote de l'albumine soluble qui diminue dans de fortes proportions.

e. La proportion de l'azote aminé augmente notablement dans le processus de l'opacification (teneur environ 5 fois plus élevée). Ceci devient frappant si on compare l'azote aminé à la quantité d'azote total existante.

Nos analyses font donc ressortir : dans la cataracte une modification du

contenu protéique normal; une désintégration sensible de l'albumine, avec diminution de celle-ci dans sa partie soluble tout au moins; une augmentation fort nette des acides aminés, et des produits d'hydrolyse incomplète des albumines. Ces différents caractères témoignent de la protéolyse intense qui semble accompagner l'évolution des cataractes.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le rôle étiologique de* Streptobacillus moniliformis (*nov. spec.*) *dans l'érythème polymorphe aigu septicémique.* Note de MM. **C. Levaditi, S. Nicolau** et **P. Poincloux**, présentée par M. Roux.

L'un de nous (P. Poincloux) vient d'être atteint d'une maladie fébrile septicémique, accompagnée d'érythème papuleux, d'arthralgies et d'angine, maladie dont nous avons isolé l'agent étiologique. Nous désirons exposer le résumé de nos constatations.

Observation. — Le malade a été en parfaite santé jusqu'au 15 mars. Début brutal le 16 mars à 1^h du matin : vomissements, frissons, température 37°; à 3^h, 39°; à 4^h,40°. Rachialgie lombo-sacrée et céphalée violentes; subdélire. Le 16 mars, température 40°. Selles très fétides, foie douloureux, subdélire. Le 17 mars température 39°. Éruption sur les membres inférieurs : maculo-papules de 2 à 7^{mm} de diamètre, ayant un centre punctiforme rouge, entouré d'un cercle pâle et d'un anneau rose, réparties sur la face interne des deux membres et le dos des pieds. Le 18 mars, température normale, mais arthralgie d'une petite articulatton du pied gauche et de l'acromio-claviculaire droite. Du 19 au 24 mars, nouvelle poussée fébrile (40°), marquée elle aussi par une éruption pendant la défervescence (le 22 et le 23 mars), mais plus étendue (visage respecté). L'articulation acromio-claviculaire est devenue très douloureuse (léger empâtement). Les articulations temporo-maxillaires sont prises pendant 36 heures. Éruption d'herpès péri-buccal, mentonier et palpébral. Céphalalgie vive. Rate palpable.

Le 25 et 26 mars, troisième poussée fébrile (39°). L'articulation radio-cubitale supérieure gauche se prend, de même que la sterno-claviculaire droite. Douleurs au niveau de la mastoïde.

Le 7 avril, retour définitif à la température normale. Depuis le 18 mars une douleur amygdalienne est apparue, avec peu de gonflement et de rougeur.

En résumé : trois poussées septicémiques en 13 jours, dont chaque défervescence fut marquée par un érythème papuleux. Arthralgies multiples et angine douloureuse.

Hémocultures. — Deux hémocultures ont été pratiquées le 16 et le 21 mars (2^{cm^3} et 6^{cm^3} de sang dans 150^{cm^3} bouillon ordinaire), toutes deux pendant

l'acmé fébrile des deux premiers accès. Chaque fois le résultat fut le même : rien de visible pendant les premières 48 heures; le troisième jour apparition de nombreuses petites colonies blanchâtres, emprisonnées dans le caillot fibrineux qui surnage le dépôt d'hématies. Par la suite, ces colonies augmentent de volume, puis elles se dissocient, mais le bouillon reste clair.

Caractères des cultures. — Le microorganisme isolé par hémoculture se développe bien à 37° dans le bouillon additionné de liquide d'ascite et d'extrait globulaire : formation de grumeaux tombant au fond du tube et assez adhérents les uns aux autres. Sur gélose au sang, ou au sérum-ascite, colonies petites, claires; sur le lait, développement lent, sans coagulation. Sur le milieu de Veillon, apparition de colonies punctiformes, abondantes en profondeur, plus rares en surface; par piqûre (même milieu), stries épaisses, avec ramifications (pas de gaz). Le microbe se développe mal sur gélose et bouillon ordinaires.

Caractères du microbe. — Il s'agit d'un streptobacille immobile de 2^{μ} à 3^{μ}, ne prenant pas le Gram, non sporogène et d'apparence très polymorphe. A côté de petits bâtonnets disposés bout à bout, ou en mèches parallèles, montrant des vacuoles claires et des corpuscules métachromatiques, on constate de longs filaments (30^{μ} à 40^{μ}). Ces filaments sont pourvus de renflements moniliformes et se terminent parfois en massue (formes d'involution apparaissant tardivement).

Virulence. — Le microbe est virulent pour le lapin et la souris. Chez le lapin, l'injection intraveineuse (1^{cm^3} de culture de 24 à 48 heures) ne détermine pas la mort de l'animal, mais provoque parfois des arthrites, avec présence de germes dans le pus articulaire, dans la rate et la moelle osseuse (10 jours après l'injection). Si, chez de tels lapins, on arrache préalablement les poils sur la peau du flanc, on constate l'apparition d'un érythème papuleux cutané. L'injection intratesticulaire détermine une orchite interstitielle, avec périvascularite et présence d'un feutrage de microbes filamenteux dans la paroi des vaisseaux (pénétration du germe dans la lumière vasculaire à travers les endothéliums; coupes de Mlle Schoen). De plus, l'animal succombe du quatrième au cinquième jour, avec flocons leucocytaires adhérents au péritoine, hypertrophie de la rate (nécrose en foyer), dégénérescence du foie, péricardite; présence du germe dans les organes et dans le sang [l'hémoculture offre le même aspect que celle obtenue du malade ([1])]. La culture tue la souris par voie sous-cutanée et intrapérito-

([1]) Même résultat par injection intrapéritonéale. Le microbe est virulent en injection intracérébrale.

néale. Enfin l'injection du germe dans l'articulation du genou, chez un *Macacus sinicus*, a déterminé une arthrite aiguë, suivie d'ankylose.

Conclusions. — La maladie fébrile septicémique, accompagnée d'arthralgies, d'érythème papuleux et d'angine, étudiée par nous, est provoquée par un microorganisme bien défini, que nous proposons de dénommer *Streptobacillus moniliformis*. Cette maladie rentre dans le cadre des érythèmes polymorphes infectieux [1], le microbe réalisant chez le lapin la plupart des symptômes qui caractérisent ces formes d'érythème : septicémie, hypertrophie de la rate, manifestations cutanées, arthrites. De nouvelles recherches montreront si dans d'autres érythèmes infectieux, voire même dans le rhumatisme aigu ou chronique, des germes analogues jouent un rôle étiologique semblable à celui du *Streptobacillus moniliformis*.

M. Jules Amar adresse des citations de publications anciennes d'après lesquelles d'une part Berthollet avait eu dès 1803 l'idée d'une *tension calorifique* dont *l'effet est d'autant plus grand qu'il y a plus de distance entre les températures*, et d'autre part le chimiste français Guillaume Homberg avait fait en 1708 des expériences montrant que les rayons du Soleil avaient *la force de pousser et de presser*.

La séance est levée à 15^h30^m.

É. P.

---

(1) Voir entre autres Langenhagen, *Thèse de Nancy*, 1888.

ERRATA.

(Séance du 26 janvier 1925.)

Note de M. *Carl A. Garabedian,* Solution du problème de la plaque rectangulaire épaisse encastrée ou posée, portant une charge uniformément répartie ou concentrée en son sens :

Page 258, ligne 1 (comme aussi dans les références, ligne 8 en remontant), *au lieu de* Lowe, *lire* Love; ligne 4 en remontant, *au lieu de* Spannungzustand, *lire* Spannungszustand.

(Séance du 23 mars 1925.)

Note de M. *A. Couder,* Action de l'ammoniac sur la cyanamide :

Page 926, ligne 2 en remontant, *au lieu de* ammoniacale, *lire* ammoniacate.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT LES TROISIÈME ET QUATRIÈME TRIMESTRES 1924, QUI N'ONT PAS ÉTÉ MENTIONNÉES SUR LES LISTES DES PREMIER ET DEUXIÈME TRIMESTRES.

Abeille (L'). Journal d'entomologie. Paris.
Abhandlungen der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. Heidelberg.
Académie des Sciences (Annuaire). Paris.
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Besançon. Besançon.
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Savoie (Documents). Chambéry.
Académie des Sciences coloniales (Comptes rendus des séances). Paris.
Académie tchèque des Sciences (Bulletin international). Prague.

Academy of natural Science of Philadelphia (Year book. Annual report). Philadelphia.
Acta et commentationes universitatis Dorpatensis. Tartu.
Acta mathematica. Stockholm.
Acta phytochimica. Tokyo.
Acta societatis scientiarum fennicæ. Helsingfors.
Action (L') régionaliste. Paris.
Agricultural research Institute. Pusa.
Akademie der Wissenschaften in Wien (Almanach). Wien.
— *(Denkschriften).* Wien.
— *(Sitzungsberichte).* Wien.
Al Machriq. Beyrouth.
American ephemeris and nautical almanac. Washington.
American journal of mathematics. Baltimore.
Amis (Les) de la Pologne. Paris.
Amis (Les) des soldats aveugles (Annuaire). Paris.
Anales de la Asociacion quimica argentina. Buenos-Aires.
Anales de la Sociedad cientifica argentina. Buenos-Aires.
Anales del Ministerio de Agricultura de la Nacion. Buenos-Aires.
Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos-Aires. La Plata.
Annalen van de steuewacht te Leiden. Haarlem.
Annales de l'École nationale d'agriculture de Montpellier. Montpellier.
Annales de l'Institut d'hydrologie et de climatologie. Paris.
Annales de l'Institut national agronomique. Paris.
Annales de l'Institut Pasteur. Paris.
Annales de la Société royale zoologique de Belgique. Bruxelles.
Annales de Paléontologie. Paris.
Annales du Bureau central météorologique de France. Paris.
Annales du Midi. Toulouse.
Annales du Musée colonial de Marseille. Marseille.
Annales du Musée d'histoire naturelle de Marseille. Marseille.
Annales scientifiques de l'École normale supérieure. Paris.
Annales scientifiques de l'Université de Jassy. Jassy.
Annali d'igiene. Roma.
Annals of the Cape Observatory. London.

(*A suivre.*)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 AVRIL 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **Mollerup**, de l'École polytechnique de Copenhague, qui assiste à la séance.

NOMINATIONS.

M. **Gabriel Bertrand** est désigné pour représenter l'Académie à la réunion où, sur l'initiative de la *Royal Institution of Great Britain*, sera célébré le centenaire de la *découverte du benzène* par Faraday.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

NAVIGATION AÉRIENNE. — *Avec la mission De Goys, de Paris à Gao.* Note de M. **Le Prieur**, présentée par M. Laubeuf.

L'Académie m'a décerné une part importante du prix extraordinaire de Mécanique en 1924 pour mes appareils de navigation : le « traceur de routes » appliqué sur un de nos cuirassés et le « navigraphe » destiné à corriger sur les avions la dérive due au vent.

Ce dernier avait été déjà appliqué sur un avion de la ligne Paris-

Bruxelles-Amsterdam : un essai avait été effectué dans des conditions atmosphériques très mauvaises et avait montré la valeur pratique du navigraphe.

L'Académie apprendra sans doute avec intérêt que deux navigraphes ont été installés sur les avions *Roland-Garros* et *Jean-Casale* de la mission de Goys, accomplie du 18 janvier au 5 février 1925, et ont donné toute satisfaction.

Le parcours Paris-Gao est d'environ 4000^{km}. Les étapes faites au-dessus de la France, de l'Espagne et de l'Algérie ont été faites par l'observation directe. Le navigraphe a été employé à titre de comparaison. Il donnait la direction et l'intensité du vent, ce qui aurait permis de continuer la route au cas où l'identification des points survolés aurait été momentanément rendue impossible par des nuages.

Trois étapes ont été faites uniquement au navigraphe :

1° Traversée de la Méditerranée d'Alcazares à Oran. Sur une distance de 200^{km} l'avion a atterri à 2^{km} du point désiré, soit 1 pour 100 de la distance.

2° Au-dessus du Sahara, de Beni-Abbes à Adrar, sans possibilité d'identification des points survolés. Sur une distance de 320^{km} l'atterrissage a lieu à moins de 1^{km} du point désiré. A noter que dans cette étape, le pilote ayant eu des inquiétudes sur la marche des moteurs, on a changé de route pour se rapprocher de la piste des caravanes, puis on a repris, toujours au navigraphe, la route sur Adrar.

3° Au-dessus du Sahara, de Tessalit au Niger. Sur 450^{km} on a atterri à 4^{km} du point voulu.

Les vents rencontrés dans ces deux étapes ont été très variables en direction et en intensité (celle-ci a varié de 0 à 45^{km} à l'heure).

Si l'avion avait fait route à la boussole sans correction de la dérive due au vent, l'écart aurait été de 65^{km} dans la deuxième étape et seulement de 13^{km} dans la troisième parce que dans celle-ci la direction du vent a varié de l'Ouest au Sud-Est en cours de route.

Si l'on avait corrigé la route de la dérive due au vent mesuré seulement au départ, l'écart aurait été de 42^{km} dans la deuxième étape et de 82^{km} dans la troisième.

Les graphiques du Rapport complet donnent le relevé des diagrammes de dérive, le tracé des routes suivies, avec la direction et la vitesse du vent aux diverses observations.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Conrad Kilian. *Au Hoggar. Mission de* 1922.

2° Jean Mascart. *Note sur la variabilité des climats. Documents lyonnais, études de climatologie*. Première Partie : *Introduction générale historique*.

3° *Chemins de fer électriques*, par A. Bachellery. (Transmis par M. A. Blondel.)

4° Ch. Frémont. *La serrure. Origine et évolution*. (Présenté par M. Lecornu.)

5° Ichitaro Namari. *The electrolytic separation of magnesium from magnesia*.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces de translation de Sophus Lie.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. J'ai indiqué (¹) les surfaces de translation *algébriques* de l'espace à trois dimensions déduites de la méthode de Sophus Lie, admettant deux modes distincts de génération.

Cela revient à classer les quartiques planes unicursales, ou les quartiques planes décomposées en une droite et une cubique unicursale ou en deux coniques, et à chercher le caractère spécial que doivent posséder les points multiples de ces courbes planes afin que les intégrales de Sophus Lie deviennent algébriques.

Dans le dénombrement relatif aux quartiques planes unicursales non décomposées, j'ai commis une omission que je rectifie ici.

2. Pour les quartiques indécomposables, le caractère nécessaire et suffisant est que chaque point multiple (double ou triple) ne soit donné que par une valeur *unique* de t : on peut donc obtenir soit un point triple à tangentes confondues, soit trois points de rebroussement distincts (de première espèce puisque la courbe est de degré 4), soit un point de rebroussement de seconde

(¹) *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1371; *Nouvelles Annales de Mathématiques*, 4ᵉ série, 20, 1920, p. 454.

espèce et un point de rebroussement de première espèce, soit enfin le cas que j'ai oublié, *un point de rebroussement de seconde espèce pouvant être considéré comme réunion de trois points doubles*.

Une transformation homographique plane, sans influence sur la surface de Sophus Lie, permet de ramener l'équation de la courbe à la forme

$$(y - x^2)^2 = x \tag{1}$$

avec la représentation paramétrique

$$x = t^2, \qquad y = t^4 + t, \qquad t = y - x^2. \tag{2}$$

La méthode de Sophus Lie conduit à calculer les intégrales

$$\int dt, \qquad \int t^2\, dt, \qquad \int (t^4 + t)\, dt \tag{3}$$

qui sont manifestement algébriques.

On obtient ainsi la surface de degré 6

$$X = t_1 + t_2, \qquad Y = t_1^3 + t_2^3 + \frac{3}{2}, \qquad Z = 2(t_1^5 + t_2^5) + 5(t_1^2 + t_2^2) \tag{Σ}$$

dont l'équation ordinaire est

$$9ZX = -2X^6 + 10X^3Y + 10Y^2 - \frac{45}{2}. \tag{4}$$

Le fait que la surface Σ admet l'origine pour centre suffit pour manifester les deux modes de génération de Σ comme surface de translation. La surface Σ est le lieu des milieux des cordes doubles de la quintique gauche unicursale

$$\xi = 2t, \qquad \eta = 2t^3 + \frac{3}{2}, \qquad \zeta = 4t^5 + 10t^2 \tag{5}$$

ou de la quintique symétrique relativement à l'origine. Chacune de ces quintiques est une asymptotique singulière de la surface; chacune partage la surface en régions telles qu'en passant de l'une à l'autre les deux courbes de translation (d'un mode ou l'autre) se croisant en un point réel de la surface cessent d'être réelles pour devenir imaginaires conjuguées. La surface Σ, transformée dans le rapport i de l'origine comme centre d'homothétie, livre la nouvelle surface *réelle* Σ_1 d'équation

$$9ZX = -2X^6 - 10X^3Y + 10Y^2 + \frac{45}{2} \tag{6}$$

dont les réseaux de translation sont cette fois tous imaginaires.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur un moyen de modifier le sillage.* Note de M. A. LAFAY, présentée par M. M. Hamy.

J'ai récemment étudié [1] les modifications que la rotation fait éprouver au sillage d'un cylindre et j'ai, à cette occasion, essayé de produire les mêmes effets à l'aide de divers procédés permettant de laisser ce corps immobile.

Dans cette voie, j'ai obtenu des résultats intéressants en faisant jaillir du cylindre, tangentiellement à sa surface, des lames d'air très minces et animées d'une assez grande vitesse.

Le dispositif employé à cet effet consiste à pratiquer dans la paroi cylindrique, parallèlement aux génératrices, un certain nombre de rainures longitudinales assez profondes. La première rainure est recouverte par une feuille de papier, collée sur un de ses bords et s'avançant jusque vers le milieu de la feuille qui recouvre la deuxième rainure. Cette seconde feuille, elle-même collée sur la cloison commune aux deux premières rainures, vient à son tour recouvrir la troisième de la même façon, et ainsi de suite.

Des trous en nombre suffisant permettent d'alimenter chaque rainure avec de l'air qu'une soufflerie auxiliaire envoie à l'intérieur du cylindre. Les feuilles de papier sont maintenues incurvées et couchées les unes sur les autres à l'aide d'anneaux en fil qui font le tour du cylindre.

On réalise ainsi facilement des lames d'air dont l'épaisseur est de l'ordre du dixième de millimètre. En les disposant dans la région où vient normalement s'accrocher l'une des nappes frontières du sillage, on constate que ce sillage se trouve rejeté et très fortement atténué sur tout le côté correspondant. De plus, comme on devait s'y attendre, ce phénomène détermine, par aspiration, l'apparition d'une composante transversale de la poussée du vent.

Il est clair que des dispositifs analogues pourraient être aménagés sur la zone dorsale d'une aile et permettraient vraisemblablement d'améliorer sa force portante, pour les grands angles d'attaque.

Tout procédé susceptible de communiquer un glissement périphérique assez énergique à la couche d'air, en contact avec le cylindre, doit donner des résultats de même nature et j'ai, dans cette idée, expérimenté l'action d'un effluve électrique étalé sur un cylindre en paraffine. Les électrodes

---

[1] *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 729.

employées à cet effet étaient constituées par une plaque métallique, présentant un bord tranchant et dentelé, placée sur la partie antérieure du cylindre et par une tige conductrice ovoïde fixée suivant sa génératrice arrière.

Les modifications observées ont été peu intenses, mais pour deux raisons étrangères à l'aérodynamique; la première est due à l'impossibilité de réaliser un effluve bien régulier sur toute la longueur du cylindre et la seconde résulte de la faiblesse du vent électrique obtenu, lorsque cette régularité est à peu près atteinte.

D'ailleurs, en modérant la vitesse des lames d'air réalisées par le procédé précédemment indiqué, il est possible de produire les mêmes effets atténués qu'avec l'effluve.

On a souvent émis l'hypothèse que des phénomènes électriques inconnus interviennent dans le vol des oiseaux. Au cours d'expériences spéciales sur cette question, je n'ai jamais pu constater de modification, dans la traction d'une hélice ou la force portante d'une aile, attribuable à son état d'électrisation. Les résultats obtenus avec l'effluve n'infirment pas ces observations négatives, car dans ce cas l'électricité, employée d'ailleurs sous de très hauts voltages, n'est qu'un moyen de produire un mouvement d'air superficiel qui, quelle que soit son origine, doit agir indirectement sur le champ aérodynamique, en modifiant les conditions à la surface dont il dépend.

Mes expériences sur le sillage nécessitant l'exécution d'un grand nombre d'aérogrammes, j'ai été conduit à modifier le mode opératoire que j'ai autrefois indiqué [1]; au lieu de recevoir directement la silhouette que l'on veut étudier sur une plaque sensible, il est plus économique de remplacer cette plaque par une lentille de très grand diamètre et de long foyer. On obtient une réduction photographique immédiate de ce qui est projeté dans son plan à l'aide d'une petite chambre noire $6\frac{1}{2} \times 9$ dont on place l'objectif au point conjugué de la source lumineuse par rapport à la lentille auxiliaire.

---

[1] *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 318 et 694.

HISTOIRE DE LA PHYSIQUE. — *Sur la théorie du magnétisme en mouvement par Poisson.* Note de M. **B. Hostinsky**, présentée par M. Émile Borel.

Dans un Mémoire lu à l'Académie des Sciences en 1826, Poisson expose une théorie générale de l'effet du mouvement sur l'influence magnétique. Il appelle éléments magnétiques, les petites portions des corps aimantés dans lesquels les fluides boréal et austral peuvent se mouvoir, et qui sont séparées par d'autres portions imperméables au magnétisme. La proportion de la somme de leurs volumes, au volume entier de chaque corps, varie dans les différentes matières; ce qui suffit pour expliquer comment, dans l'état de repos, ces matières donnent des signes de magnétisme plus ou moins marqués sous l'influence des mêmes forces extérieures. Dès qu'on approche un aimant d'un corps susceptible d'aimantation par influence, et où les éléments magnétiques sont en proportion quelconque, la décomposition du fluide neutre commence dans chacun des éléments, et elle continue jusqu'à ce que l'action du fluide décomposé fasse équilibre à la force extérieure, ce qui arrive après un temps très court, si cette force est constante en grandeur et en direction. Mais si elle varie continuellement, ou bien si l'aimant extérieur change de position à l'égard des éléments soumis à son influence, les deux fluides, au lieu de parvenir à un état permanent, se mouvront dans chaque élément avec des vitesses qui pourront n'être pas les mêmes, toutes choses d'ailleurs égales, dans les corps de diverses matières.

Les phrases précédentes, empruntées au Mémoire de Poisson (1), donnent une idée générale du problème en question. Le résultat essentiel de ce Mémoire est exprimé par l'équation suivante (2)

$$\varphi + \int_0^t \left(V_1 + Q_1 - \frac{4\pi k}{3} \varphi_1 \right) f'(t-\theta)\, d\theta = 0, \tag{1}$$

(1) Poisson, *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 6, 1823, p. 442-443.
(2) *Loc. cit.*, p. 483.

dont dépend la recherche de l'aimantation par influence d'un corps en mouvement. Ici k désigne une constante, f' la dérivée d'une fonction donnée, V le potentiel dû aux aimants permanents et Q le potentiel dû à l'aimantation induite. Soient ρ la distance d'un point (x, y, z) à un autre point (x', y', z'), (α, β, γ), $(\alpha', \beta', \gamma')$ les composantes de l'aimantation induite au point (x, y, z) et au point (x', y', z').

Nous avons

$$Q(x, y, z) = k\iiint\left(\frac{\partial\frac{1}{C}}{\partial k'}\alpha' + \frac{\partial\frac{1}{C}}{\partial y'}\beta' + \frac{\partial\frac{1}{C}}{\partial z'}\right)dx'\,dy'\,dz';$$

les quantités V et Q se rapportent à un certain instant t. Soient enfin V_1 et Q_1 ce que deviennent V et Q quand on y met θ à la place de t. (1) est une équation intégrale linéaire de Volterra pour la fonction inconnue φ. Les composantes d'aimantation induite s'expriment, d'après Poisson, au moyen de φ, comme il suit :

$$\alpha = \frac{\partial\varphi}{\partial x}, \quad \beta = \frac{\partial\varphi}{\partial y}, \quad \gamma = \frac{\partial\varphi}{\partial z}.$$

Le Mémoire de Poisson semble être assez peu connu [1]. Les deux circonstances suivantes sont surtout intéressantes au point de vue de l'histoire de la théorie du magnétisme :

1° Les considérations qui ont amené Poisson à établir l'équation (1) sont tout à fait analogues à celles qui ont été employées beaucoup plus tard dans la théorie de l'hystérésis élastique et électromagnétique (phénomènes héréditaires) par Boltzmann, Volterra et autres.

2° A la page 513 de son travail, Poisson donne la résolution de l'équation intégrale

$$(2) \qquad \psi t + \Psi t = -a\int_0^t \psi\theta\, f'(t-\theta)\,d\theta,$$

qui se présente quand on applique la théorie générale à une plaque homogène tournant uniformément sur elle-même. Poisson écrit la fonction

---

[1] M. H. Bateman a rappelé le travail de Poisson dans son intéressant rapport sur les équations intégrales (*Report of the* 80th *Meeting of the British Association for the Advancement of Science, Sheffield*, London, 1911, p. 345-424).

inconnue ψt sous la forme

$$\begin{aligned}\psi t = -\Psi t + a\int_0^t \Psi\theta f'(t-\theta)\,d\theta \\ - a^2\int_0^t\left[\int_0^\theta \psi t' f'(\theta - t')\,dt'\right] f'(t-\theta)\,d\theta \\ + a^3\int_0^t\left\{\int_0^\theta\left[\int_0^{t'} \psi t'' f'(t'-t'')\,dt''\right] f'(\theta - t')\,dt'\right\} f'(t-\theta)\,d\theta, \quad \ldots,\end{aligned}$$

ce qui n'est autre chose que la solution bien connue aujourd'hui de l'équation de Volterra (2) dans le cas où le noyau de f' ne dépend que de la différence $t - \theta$.

SPECTROSCOPIE. — *Influence de la pression sur les spectres de bandes du carbone dans l'ampoule thermo-électronique. Conséquences pour la théorie des comètes.* Note de M. **F. Baldet**, présentée par M. H. Deslandres.

1. Lorsqu'on fait varier la pression de l'oxyde de carbone contenu dans une ampoule à cathode incandescente, le spectre du gaz se modifie. Vers 1^{mm}, plusieurs groupes du carbone sont visibles : le plus intense est le deuxième groupe positif ou bandes d'Angström. Puis viennent : le groupe que j'ai découvert [1], le troisième groupe négatif ou spectre des queues de comètes, le troisième groupe positif (bandes à six têtes) et le premier groupe négatif ultraviolet.

Si l'on fait décroître la pression, les deuxième et troisième groupes positifs et le nouveau groupe diminuent d'intensité, tandis que les premier et troisième groupes négatifs gardent leur éclat. Lorsqu'elle atteint environ 10^{-4}mm, on ne trouve plus, avec une assez longue pose, que de très faibles traces du nouveau groupe et du troisième groupe positif; les bandes d'Angström ont disparu. Au contraire, les deux groupes négatifs sont bien développés.

On voit donc que la pression joue un rôle essentiel dans l'existence des différents groupes.

La cathode de tungstène, portée à environ 2700° absolus, émet un grand nombre d'électrons qui forment un véritable gaz dans l'ampoule, et qui

[1] *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1525.

ionisent les molécules. L'émission lumineuse provient, à la fois, du choc de ces électrons animés d'une vitesse supérieure au potentiel d'ionisation, contre les molécules neutres et ionisées, et du choc des molécules ionisées entre elles et contre les molécules neutres.

Ces diverses espèces de chocs donnent naissance à des groupes de bandes différents. A très basse pression, lorsque les chocs d'électrons prédominent, les premier et troisième groupes négatifs seuls sont visibles. A pression plus élevée, lorsque les chocs moléculaires efficaces deviennent nombreux, le spectre s'enrichit des groupes positifs déjà cités. Les premier et troisième groupes négatifs proviennent donc du choc direct des électrons contre les molécules de CO.

L'effet de la pression se manifeste également sur la structure des bandes du troisième groupe négatif, spécialement étudié. A très basse pression, les têtes sont intenses et leur dégradé rapide : elles ressemblent alors aux bandes des queues des comètes. Lorsque la pression croît, le nombre des raies des branches P et R augmente beaucoup : le maximum d'intensité des branches P, Q et R s'éloigne de la tête et celle-ci faiblit jusqu'à être moins brillante que le milieu de la bande. De nouvelles suites de raies apparaissent.

2. Ces résultats expérimentaux apportent un argument important en faveur de la théorie du rayonnement corpusculaire du Soleil, émise en 1895 par M. H Deslandres. Dans cette théorie, le Soleil projette des rayons cathodiques, c'est-à-dire des électrons, à grande distance, qui produisent les jets coronaux et illuminent les gaz des comètes. On sait combien la théorie corpusculaire, appliquée aux aurores polaires par MM. Birkeland et Störmer, a donné une explication satisfaisante de leurs particularités.

Mais, comme vérification plus directe d'une émission d'électrons à grande distance, on n'avait guère noté jusqu'à présent, à ma connaissance, que l'apparition du groupe négatif de l'azote dans la comète Morehouse.

Or, puisque le troisième groupe négatif du carbone obtenu à très basse pression, c'est-à-dire dans des conditions qui se rapprochent de celles des comètes où la pression est encore beaucoup plus faible, est émis par le choc direct des électrons, et qu'il présente une identité complète avec le spectre des queues, j'en conclus que les gaz oxycarbonés et ultra-raréfiés qu'elles contiennent, sont très probablement illuminés par le choc d'électrons venant du Soleil ([1]). Cette conclusion me paraît d'autant plus s'imposer que le

([1]) Le premier groupe négatif doit être également émis par les queues des comètes, mais il est inobservable à cause de l'absorption atmosphérique dans l'ultraviolet.

spectre identifié est très sensible à l'influence de la pression, à la présence des gaz étrangers, à des conditions d'excitation différentes, qui l'altèrent profondément, y mêlent d'autres bandes ou le font disparaître ; en un mot, y introduisent des dissemblances avec celui des comètes.

Il est à noter toutefois qu'il ne change pas avec la vitesse des électrons entre 16 volts et 50 000 volts, tout au moins lorsqu'on l'observe avec la faible dispersion utilisée dans l'étude des comètes.

SPECTROSCOPIE. — *Recherches sur la série K des rayons X.* Note de M. **Arvid Leide**, présentée par M. A. Cotton.

Des mesures systématiques sur la série K n'avaient pas été faites depuis 1916 lorsque MM. Malmer, Siegbahn, Friman et Stenström en publièrent quelques-unes. Elles ne sont pas cependant assez exactes pour satisfaire aux exigences de la systématique moderne des rayons X. Des résultats pour certains éléments ont été publiés par Uhler et Cooksay (¹) (élément Ga), par Duane et ses collaborateurs (²) (éléments Rh, Mo, W), par Overn (³) (éléments Mo, Rh) et par Lang (⁴) (éléments Pd, Ag, Cd, Sn).

Les premiers résultats que j'ai obtenus moi-même ont été publiés par M. Siegbahn dans son livre *Die Spektroskopie der Röntgenstrahlen* (p. 102). Un plus grand nombre de clichés me permet de présenter des résultats plus exacts et plus complets.

On a décrit le spectrographe de précision à l'aide duquel la recherche a été faite. Il a été construit par M. Siegbahn selon un principe d'abord indiqué par Seemann (⁵) et qu'il a appelé « méthode de la chambre à trou ». Après la réflexion on fait passer le faisceau des rayons X réfléchis par le cristal par une fente très étroite ($0^{mm},05$) dont la largeur détermine la largeur des lignes sur la plaque. La distance entre cette fente et la plaque photographique était $207^{mm},54$. Comme cristal je me suis servi de calcite, dont la constante d est 3,02904 ($\log 2d = 0,7823347$).

Comme longueur d'onde normale je me suis servi de λ Cu $K\alpha_1$, Mo $K\alpha_1$ et W $K\alpha_1$, qui ont été déterminés avec le plus grand soin et dont je me suis servi pour vérifier le réglage du spectrographe.

(¹) *Phys. Rev.*, 10, 1917, p. 645.
(²) *Phys. Rev.*, 14, 1919, p. 369, et 15, 1920, p. 328.
(³) *Phys. Rev.*, 18, 1921, p. 356.
(⁴) *Ann. der Physik*, 75, 1924, p. 489.
(⁵) *Phys. Z. S.*, 18, 1917, p. 243,

I. Comme valeur de l'angle de réflexion pour $CuK\alpha_1$ j'ai obtenu 14°42'0",3. Cette valeur est la valeur moyenne déduite de 14 clichés pris à diverses occasions au cours du travail; elle se trouve entre les limites 14°41'58",0 et 14°42'4",1; à l'angle 14°42'0",3 correspond $\lambda = 1537,29$.

II. Pour $MoK\alpha_1$ j'ai obtenu l'angle de réflexion 6°42'34",3 comme valeur moyenne déduite de 13 clichés donnant des nombres compris entre 6°42'32",9 et 6°42'35",5. A cette valeur moyenne correspond $\lambda = 707,80$.

III. Pour $WK\alpha_1$ j'ai obtenu 1°58'27",6 comme valeur moyenne de 5 clichés fournissant des valeurs comprises entre 1°58'25",5 et 1°58'29". La longueur d'onde correspondant à la valeur moyenne est $\lambda = 208,71$.

Le tableau donne les résultats des mesures dans la zone 29 Cu — 53 I. Les désignations des lignes ont été choisies d'après M. Siegbahn. β_3 est une composante de β_1 dont l'existence a déjà été démontrée pour les éléments Rh et W par de Broglie et pour Mo par Duane et Patersson. β_4 est une composante de β_2, qui correspond au transport de l'électron du niveau $O_{II\text{-}III}$ à K. Elle est très faible et exige des poses très longues.

Nos.	Él.	α_2.	α_1.	β_1.	β_2.	β_3.	β_4.
29.	Cu	"	1537,29	1389,27	"	"	"
30.	Zn	1435,87	1432,06	1292,60	1280,97	"	"
32.	Ge	1255,21	1251,30	1126,71	1114,63	"	"
33.	As	1177,41	1173,44	1055,18	1042,90	"	"
34.	Se	1106,42	1102,41	990,27	997,92	"	"
35.	Br	1041,60	1037,56	930,85	918,27	"	"
36.	"	"	"	"	"	"	"
37.	Rb	927,72	923,60	827,03	814,84	"	"
38.	Sr	877,54	873,37	781,51	769,17	"	"
39.	Y	831,18	827,00	739,32	726,63	"	"
40.	Zr	788,50	784,29	700,48	688,35	"	"
41.	Nb	748,82	744,57	664,49	652,55	"	"
42.	Mo	712,08	707,80	631,24	619,69	631,63	618,25
43.	"	"	"	"	"	"	"
44.	Ru	646,15	641,81	571,43	560,48	"	"
45.	Rh	616,37	612,01	544,70	533,13	"	"
46.	Pd	588,58	584,19	519,72	509,36	520,10	507,90
47.	Ag	562,64	558,21	496,30	486,07	496,68	"
48.	Cd	538,29	533,86	474,28	464,38	474,63	"
49.	In	515,46	511,03	453,73	444,09	454,10	"
50.	Sn	493,96	489,48	434,39	424,85	434,76	"
51.	Sb	473,86	469,33	416,24	407,11	"	"
52.	Te	454,91	450,37	399,24	390,35	"	"
53.	I	437,03	432,49	383,41	374,83	"	"

RADIOCHIMIE. — *Influence du radium sur la catalase du foie.* Note de MM. **A. Maubert, L. Jaloustre** et **P. Lemay**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons utilisé pour nos essais des solutions de catalase au $\frac{1}{5000}$ et de l'eau oxygénée préparées suivant les techniques signalées dans nos Notes antérieures relatives à la catalase du foie.

La solution de bromure de radium employée était du bromure de radium pur dissous dans l'eau distillée.

Influence du sel radioactif mélangé au milieu fermentaire. — Dans une expérience préliminaire nous avons constaté que dans les conditions de nos essais les doses de bromure de radium de $0^{\gamma},1$ à $0^{\gamma},5$ n'exercent aucune influence sur l'activité de la catalase.

Le tableau suivant résume la technique suivie et les résultats obtenus pour des doses comprises entre 1 et 100^{γ} :

Tableau I.

	Ballons témoins.		Ballons radioactivés.					
Eau oxygénée	20	20	20	20	20	20	20	20
Eau distillée	80	80	80	80	80	80	80	80
Catalase au $\frac{1}{5000}$ non bouillie	″	″	100	100	100	100	100	100
Catalase au $\frac{1}{5000}$ bouillie	″	100	″	″	″	″	″	″
Oxygène disponible du mélange total en milligrammes	656	656	656	656	656	656	656	656
Bromure de radium en microgr.	0	0	0	1	5	10	30	100
Oxygène dégagé du mélange total après :								
30 minutes	0	0	442	442	446	438	436	432
1 heure	0	0	468	470	471	466	465	455
18 heures	0	0	480	483	484	479	478	468

Les doses de bromure de radium comprises entre 1 et 10^{γ} pour un volume total de 200^{cm^3} provoquent une activation de la catalase (concentration : $0^{\gamma},005$ à $0^{\gamma},050$ par centimètre cube).

Les doses comprises entre 10 et 100^{γ} déterminent une paralysie qui s'accroît avec la quantité de radium en expérience (concentration : $0^{\gamma},050$ à $0^{\gamma},500$ par centimètre cube).

Comme nous l'avons montré pour le thorium X, ce sont surtout les rayons α qui sont agissants.

Nous allons faire voir que les résultats du tableau précédent sont en réalité la résultante de l'action dominante des rayons α et de l'action affaiblissante de l'ensemble des rayons β et γ.

Action des rayons β *et* γ. — Nous avons pratiqué deux séries d'expériences :

1° Dans la première série, l'ampoule contenant 150^{γ} de bromure de radium a été complètement immergée dans le milieu fermentaire constitué par 100^{cm^3} de catalase au $\frac{1}{5000}$ et 100^{cm^3} d'eau oxygénée à 20 pour 100, et l'on a mesuré l'activité du ferment par dosage de l'oxygène dégagé comparativement à un témoin. (Le verre de l'ampoule sert de filtre et arrête les rayons α.)

Voici les résultats obtenus avec deux expériences dans lesquelles on a fait varier la concentration en eau oxygénée :

Expérience A.

	Témoin.	Expér.
Eau oxygénée à 10 °/₀.	100	100
Catalase au $\frac{1}{5000}$	100	100
Oxygène disponible..	328	328
Oxygène dégagé après :		
1 heure d'irradiation.	268	268
4 heures »	292	290
6 heures »	294	291
24 heures »	320	310

Expérience B.

	Témoin.	Expér.
Eau oxygénée à 20 °/₀.	100	100
Catalase au $\frac{1}{5000}$	100	100
Oxygène disponible..	656	656
Oxygène dégagé après :		
1 heure d'irradiation.	441	437
4 heures »	488	472
6 heures »	492	476
24 heures »	640	621

Dans une deuxième série d'expériences, la solution de catalase au $\frac{1}{5000}$ a été irradiée par immersion totale de l'ampoule contenant 150^{γ} de bromure de radium pendant 60 heures. Après ce temps, on a mélangé 100^{cm^3} de cette catalase irradiée avec 100^{cm^3} d'eau oxygénée à 10 pour 100, et l'on a mesuré l'activité du ferment comparativement à un témoin.

Résultats.

	Témoin.	Expérience (60 heures d'irradiation).
Oxygène disponible du mélange total....	328	328
Oxygène dégagé en milligrammes après :		
30 minutes	219	217
1 heure	244	240
3 heures	269	266
24 heures	284	290

Conclusion. — Les radiations β et γ du radium affaiblissent la catalase du foie dans les conditions de nos expériences.

Influence de l'émanation du radium. — Nous avons étudié l'influence de l'émanation du radium sur la catalase de la manière suivante :

Nous avons fait barboter pendant 5 heures un courant d'air dans une solution en équilibre de 150^{γ} de bromure de radium. Cet air, chargé d'émanation, était amené dans un deuxième ballon contenant 200^{cm^3} de solution de catalase au $\frac{1}{5000}$.

Le ballon témoin était soumis à un courant d'air identique, mais sans émanation.

Après 5 heures de ce traitement, nous avons déterminé l'activité de la solution de ferment ainsi radioactivée, comme l'indique le tableau suivant :

	H^2O^2.	Témoin.	Témoin.	Expér. 1.	Expér. 2.
Eau oxygénée à 20 %	20	20	20	20	20
Eau distillée	80	80	80	80	80
Catalase au $\frac{1}{5000}$ non bouillie	0	»	100	100	100
Catalase au $\frac{1}{5000}$ bouillie	»	100	»	»	»
Émanation	0	0	0	5^h	5^h
Oxygène disponible en milligrammes	656	656	656	656	656
Oxygène dégagé après 30 minutes	0	0	382	395	395

Conclusion. — L'émanation du radium, génératrice de rayons α, active la catalase du foie dans les conditions de nos expériences.

Conclusions générales. — Comme pour le bromure de thorium X, on observe avec le radium une paralysie de la catalase avec les fortes doses et une activation avec les faibles doses. L'émanation du radium agit de même, du moins en ce qui concerne les faibles doses, les seules que nous ayons expérimentées.

La seule différence observée est l'action affaiblissante des radiations β et γ du radium sur la catalase, fait que dans les conditions de nos précédentes expériences nous n'avions pu constater avec le thorium X.

THERMOCHIMIE. — *Étude thermochimique des dérivés sodés du cyclohexanol.*

Note de Mlle **Germaine Cauquil**, présentée par M. Haller.

A. En chauffant doucement pendant plusieurs heures au réfrigérant à reflux 7 à 8^{mol} de cyclohexanol pour 1^{mol} de sodium, on obtient facilement

des cristaux en aiguilles blanches donnant à l'analyse :

	Trouvé.	Calculé pour $C^6H^{11}ONa.5C^6H^{11}OH$.
Na pour 100 par alcalimétrie..........	3,70	3,70
» à l'état de sulfate.........	3,76	»

C'est donc un cyclohexanolate de sodium avec 5^{mol} de cyclohexanol.

B. Le composé précédent chauffé dans le courant d'hydrogène à 150°-160° a donné une poudre blanc ivoire, donnant à l'analyse :

	Trouvé.	Calculé pour $C^6H^{11}ONa$.
Na pour 100 par alcalimétrie.........	18,86	18,85
» à l'état de sulfate.......	19,80	»

soit environ le cyclohexanolate de Na anhydre avec environ 4 pour 100 d'un sel d'acide organique.

C. L'étude thermochimique de ces composés m'a donné les résultats suivants :

1° En dissolutions étendues, le cyclohexanol et la soude ne réagissent pas. J'ai trouvé en effet à + 20°,89 :

$C^6H^{11}OH$ (1 molécule-gramme dans 4^l) + NaOH (1 molécule-gramme dans 4^l) — $0^{cal},054$,

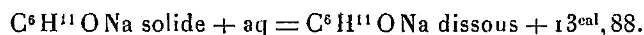
nombre précisément égal à la chaleur de dilution de la soude

$$-0^{cal},06 \quad (\text{de 1 molécule-gramme} = 2^l \text{ à 1 molécule-gramme} = 4^l).$$

Le cyclohexanolate de sodium est donc complètement détruit pour ce degré de dilution (1 molécule-gramme $= 4^l$). Il se comporte comme les alcoolates sodiques des alcools monoatomiques de la série grasse.

2° La chaleur de fusion du cyclohexanol a été trouvée de $0^{cal},450$ en dissolvant séparément l'alcool liquide $2^{cal},77$ et l'alcool solide $2^{cal},32$. Comme contrôle, j'ai déterminé directement la chaleur de fusion et trouvé $0^{cal},427$. Le cyclohexanol que j'ai employé fondait à 24°,35 [1].

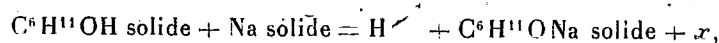
3° A 22°, j'ai obtenu pour la chaleur de dissolution du cyclohexanolate de sodium solide



$$C^6H^{11}ONa \text{ solide} + aq = C^6H^{11}ONa \text{ dissous} + 13^{cal},88.$$

(1) Ces nombres sont très voisins de ceux qu'avait obtenus M. de Forcrand, soit $0^{cal},430$.

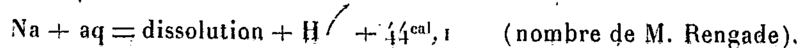
De tous ces résultats on peut déduire les cycles suivants :



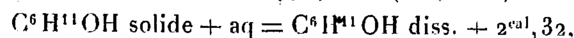
$$C^6H^{11}OH \text{ solide} + Na \text{ solide} = H + C^6H^{11}ONa \text{ solide} + x,$$



$$C^6H^{11}ONa + aq = C^6H^{11}ONa \text{ dissous} + 13^{cal},88;$$



$$Na + aq = \text{dissolution} + H + 44^{cal},1 \quad \text{(nombre de M. Rengade)}.$$



$$C^6H^{11}OH \text{ solide} + aq = C^6H^{11}OH \text{ diss.} + 2^{cal},32.$$



$$NaOH \text{ diss.} \left(\frac{N}{4}\right) + C^6H^{11}OH \text{ diss.} \left(\frac{N}{4}\right) = \text{dissolution} - 0^{cal},054;$$

d'où

$$x = + 32^{cal},486.$$

Il est à remarquer ici qu'ayant signalé dans notre cyclohexanolate de sodium la présence d'un sel de sodium, environ 4 à 5 pour 100, en toute rigueur on doit tenir compte de sa chaleur de dissolution; or, pour les premiers termes en c^2, c^3, c^4 de la série grasse, on a pour la chaleur de dissolution du sel de Na environ $+ 4^{cal}$; la correction est de $0^{cal},494$ pour 1 molécule-gramme de cyclohexanolate de sodium.

L'acidité du cyclohexanol sera donc donnée exactement par

$$32,486 - 0,494 = 31^{cal},992.$$

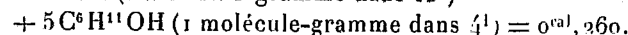
4° L'étude de la combinaison à 4^{mol} de cyclohexanol comprend les déterminations suivantes :



Chaleur de dissolution de $C^6H^{11}ONa + 5C^6H^{11}OH$ solide $+ 7^{cal},99$;

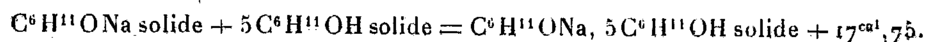


$C^6H^{11}ONa$ (1 molécule-gramme dans 10^l)



$+ 5C^6H^{11}OH$ (1 molécule-gramme dans 4^l) $= 0^{cal},260$.

D'où je déduis :



$$C^6H^{11}ONa \text{ solide} + 5C^6H^{11}OH \text{ solide} = C^6H^{11}ONa, 5C^6H^{11}OH \text{ solide} + 17^{cal},75.$$

5° Ces faits nous permettent de conclure :

L'action du sodium sur le cyclohexanol solide donne $+ 31^{cal},99$, quantité de chaleur supérieure de 2^{cal} à celle de M. de Forcrand (¹) pour l'alcool isopropylique liquide $+ 31^{cal},29$; il y aurait lieu de retrancher la chaleur de fusion de cet alcool, $1^{cal},5$ environ d'après les analogies, ce qui donne $+ 30^{cal}$.

Le cyclohexanol doit plutôt se rapprocher des alcools primaires, tels que l'alcool éthylique pour lequel le même auteur (²) a donné $+ 31^{cal},97$.

(¹) *Comptes rendus*, 104, 1892, p. 420.

(²) *Comptes rendus*, 97, 1883, p. 108.

Nous sommes donc amené à penser que la fermeture du noyau augmente l'acidité des alcools secondaires de 2^{cal} et les rend comparables aux alcools primaires.

6° D'ailleurs, si nous essayons d'appliquer au cyclohexanol la règle relative à l'acidité des alcools donnée par M. de Forcrand (¹), nous trouvons

$$35,09 + 0,13 - (2 \times 2,75 \times 0,56) - (2 \times 2,75 \times \overline{0,56}^2) - 2,75 \times \overline{0,56}^3 = 29^{cal},94,$$

accusant une différence sensiblement égale à 2^{cal} avec la valeur expérimentale.

Si nous faisons les mêmes calculs avec le phénol, on obtient

$$35,09 + 3,01 + (2 \times 0,56 \times 0,13) + (2 \times \overline{0,56}^2 \times 0,13) + 0,13 \times \overline{0,56}^3 = 38^{cal},348$$

au lieu de $40^{cal},12$ (²).

Ici encore la différence entre la pratique et la théorie obtenue pour les alcools de la série grasse donne une différence de 2^{cal}.

D'après ces deux exemples, il semble donc que la règle de M. de Forcrand peut s'appliquer aux alcools à chaîne fermée et aux phénols ; il suffit d'ajouter aux résultats obtenus 2^{cal} pour la fermeture de la chaîne, ce qui augmente par suite l'acidité de l'hydrogène du groupement hydroxyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la structure des phénylhydrazones du glucose.* Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

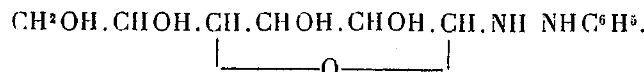
L'expérience a montré que le glucose peut s'unir molécule à molécule avec la phénylhydrazine pour donner, avec élimination d'eau, deux phénylhydrazones distinctes. La première (isomère α) fut découverte par Fischer (³), la seconde par Skraup (⁴). Mais il faut arriver jusqu'à Behrend et Lohr (⁵) pour trouver des techniques précises permettant de préparer chacun des isomères de façon certaine, à l'état pur et cristallin.

Ces deux hydrazones, aisément solubles dans l'eau, présentent en solution aqueuse le phénomène de la mutarotation. Le pouvoir rotatoire initial de l'isomère α est $[\alpha]_D = -87°$, celui de l'isomère β est $[\alpha]_D = -5°$; le

(¹) *Comptes rendus*, 130, 1900, p. 1758.
(²) *Comptes rendus*, 114, 1892, p. 1010.
(³) E. Fischer, *D. Ch. G.*, 20, 1887, p. 824.
(⁴) Skraup, *Monatshefte*, 10, 1889, p. 406.
(⁵) Behrend et Lohr, *Lieb. Ann.*, 362, 1908, p. 78.

pouvoir rotatoire final d'une solution aqueuse de l'un quelconque des isomères est $[\alpha]_D = -53^\circ$.

Frappés de l'analogie de cette mutarotation avec celle du glucose, L.-J. Simon et Bénard (¹) avaient attribué à ces deux isomères la formule oxydique :



Les deux hydrazones auraient été deux stéréoisomères analogues à l'α- et au β-glucose, et à l'α- et au β-méthylglucoside.

Cependant l'expérience montrant que la moyenne arithmétique des pouvoirs rotatoires de deux alcoyl-glucosides correspondants est toujours voisine de celle des pouvoirs rotatoires initiaux des deux glucoses; Behrend (*loc. cit.*) mit en doute la formule proposée plus haut.

De l'étude des produits d'acétylation de ces deux hydrazones, Hoffmann (²), puis Behrend et Willy Reinsberg (³) conclurent que l'isomère α correspond bien à la formule oxydique proposée par L.-J. Simon et Bénard, mais que l'isomère β doit être considéré comme une hydrazone vraie :



Les deux isomères se transformeraient l'un dans l'autre lors de la dissolution dans l'eau, jusqu'à donner un équilibre : c'était un cas d'isomérie dynamique dû à la mobilité de l'atome d'hydrogène marqué d'une croix.

Behrend s'est alors proposé de rechercher à quel glucose (α ou β) correspond la phénylhydrazone α. Il n'a pu y parvenir. Je pense y être arrivé au moyen des remarques suivantes :

I. On sait que la vitesse de mutarotation des glucoses est légèrement augmentée par la présence des acides, alors qu'elle est considérablement accrue par la présence des alcalis; j'ai vérifié qu'elle était légèrement accrue par la présence d'acide oxalique, alors que la rotation finale était atteinte en une minute par alcalinisation avec l'ammoniaque en léger excès, de la solution de glucose dans l'acide oxalique.

II. La vitesse de mutarotation des hydrazones est au contraire considérablement augmentée par l'addition de traces d'acides, alors qu'elle est pratiquement annulée par l'addition de traces d'ammoniaque.

(¹) *Comptes rendus*, 132, 1901, p. 564.
(²) Hoffmann, *Lieb. Ann.*, 366, 1909, p. 277.
(³) Behrend et Willy Reinsberg, *Lieb. Ann.*, 377, 1910, p. 189.

III. Enfin, j'ai constaté que les hydrazones étaient hydrolysées facilement et rapidement à froid en solution aqueuse par les acides faibles. Si, par exemple, on additionne une solution à 5 pour 100 d'hydrazone d'une solution à 1 pour 100 d'acide oxalique, il se précipite au bout de 25 à 30 minutes l'oxalate de phénylhydrazine.

L'acide picrique même provoque facilement cette hydrolyse.

Hydrolysons alors une solution de phénylhydrazone α par l'acide oxalique par exemple, et filtrons le sel formé : le filtrat renfermera, à côté de l'excès des réactifs, le glucose libéré par hydrolyse. Alcalinons le filtrat avec une trace d'ammoniaque : l'alcali empêchera la transformation de l'hydrazone α (et arrêtera la variation du pouvoir rotatoire corrélative) et il amènera au contraire le glucose formé à l'état de mélange à pouvoir rotatoire constant (+ 52°). S'il s'est formé du glucose α à grand pouvoir rotatoire (+ 106°), l'alcalinisation amènera donc une chute du pouvoir rotatoire du filtrat. S'il s'est formé du glucose β à faible pouvoir rotatoire (+ 20°), l'alcalinisation amènera une augmentation du pouvoir rotatoire du filtrat.

L'expérience a montré qu'il y avait diminution du pouvoir rotatoire après alcalinisation : c'est donc que la phénylhydrazone α correspond au glucose α.

L'expérience montre que les solutions d'hydrazone β sont aussi hydrolysées facilement. D'après l'hypothèse de Behrend, l'hydrazone β, se transformant en hydrazone α, devrait alors donner du glucose α, comme dans l'expérience précédente. J'ai vérifié qu'il en était bien ainsi : l'addition d'ammoniaque au produit d'hydrolyse de l'hydrazone β a provoqué une chute du pouvoir rotatoire de la solution hydrolysée; conformément aux vues de Behrend, la phénylhydrazone β ne correspond donc pas à un glucose β.

GÉOLOGIE. — *Les facies du calcaire carbonifère dans le Boulonnais.* Note (¹) de M. **Henry Derville**, transmise par M. Barrois.

Le calcaire carbonifère du Boulonnais est l'objet d'une exploitation intensive et fournit des marbres dont les divers types correspondent à des facies lithologiques variés que nous nous proposons de définir ici brièvement.

On polit sous le nom de *Lunel uni* un *calcaire à grain fin* et d'aspect

(¹) Séance du 6 avril 1925.

subcompact. Dans sa forme typique, il est à base de calcite en mosaïque plus ou moins masquée par du carbonate de calcium en tout petits granules. A part quelques minces cordons coquilliers, les organismes, rares et de petite taille, sont surtout des granulosphères (*Calcisphœra*) auxquelles s'ajoutent des Foraminifères du type *Endothyra* et des fragments d'Ostracodes et de Tabulés. Les marbres de ce type forment un horizon dans lequel s'intercalent par niveaux des organismes digités que l'on est tenté de rapporter au groupe des hydrozoaires (*Lunel fleuri*, Carrière Hénaux). D'autres organismes, de même aspect et de structure vésiculeuse, contribuent à la formation d'un banc autrefois exploité sous le nom de marbre *Henriette* (Carrière du Haut-Banc).

On peut rattacher au Lunel uni des *calcaires cristallins* où les organismes jouent un rôle important ou prédominant, et l'on aura, à côté de *calcaires à Foraminifères et à Ostracodes*, des sédiments presque entièrement constitués par d'autres organismes (*calcaires de Céphalopodes*, *calcaires de Tabulés*). Ces derniers se présentent sous forme de petits bancs d'allure schisteuse et détritique. Ils n'ont guère que quelques centimètres d'épaisseur et sont formés de Tabulés ou de fragments de Tabulés enchevêtrés et orientés suivant le plan de stratification. Particularité intéressante, ces organismes, dont le squelette a recristallisé sous forme de calcite, ont leurs loges et la perforation centrale de leurs planchers remplies par de la calcédoine.

Dans ces calcaires d'organismes l'élément granuleux fait presque complètement défaut; mais il est des calcaires qui en sont exclusivement formés. Homogène et d'aspect compact, le *calcaire granuleux* est exceptionnel dans le Boulonnais; il s'y présente en lits de quelques centimètres où l'on ne rencontre pas d'organismes.

Sous le nom de *Napoléon Grand-Mélange*, on exploite comme marbre de luxe à la carrière Poulin (Hydrequent) *une brèche* à fragments gris clair sur fond brun foncé. A sa base, cette formation bréchique montre des fragments plats, allongés et de faible épaisseur qui doivent leur origine à la dislocation de calcaire rubané; à sa partie supérieure, elle est formée de gros fragments arrondis et floconneux paraissant être des organismes, recouverts ou non, suivant les places, par une brèche de même type que la brèche sous-jacente.

Le *Napoléon tigré* dit *Pattes d'Alouettes* et le *Napoléon gris* qui recouvrent la brèche se montrent constitués par des organismes analogues étalés en vastes buissons et qu'on peut rattacher aux algues calcaires. Ces deux sédiments sont identiques; ils sont tous deux surmontés d'un banc de

calcaire rubané qui comporte une succession plus ou moins régulière d'organismes ou de fragments d'organismes ramuleux alternant avec des dépôts de grumeaux provenant de la dissociation de ces organismes. Ce sont les *Lunels rubanés* dont le plus délité, à rubans plus minces, est connu sous le nom de *Rubané Notre-Dame*. C'est de ces Lunels rubanés qu'il faut rapprocher le *marbre Caroline* récemment encore exploité à la Carrière du Haut-Banc.

Il est d'autres calcaires rubanés où les organismes ramuleux font complètement défaut et qui sont constitués par des dépôts successifs de grumeaux et de *calcaire graveleux* ou *oolithique*. En général, les rubans clairs sont à prédominance de grumeaux, tandis que les bandes foncées sont surtout graveleuses ou oolithiques. Les oolithes ne montrent pas ici de traces de stratifications entre-croisées; elles se présentent en petits lits séparés par des croûtes calcaires (*oolithe rubanée*). Les Foraminifères, si nombreux dans le calcaire oolithique à structure entre-croisée, font ici totalement défaut et sont remplacés par de nombreux Ostracodes.

Tous les facies dont nous avons parlé jusqu'ici étaient entièrement ou essentiellement composés de carbonate de calcium. Signalons en outre deux cas dans lesquels ce carbonate initial a fait place soit à de la dolomite, soit à de la silice. Le facies dolomitique est particulièrement bien visible au centre de la carrière de la Vallée Heureuse (Carrière Hénaux) sous le marbre Lunel; ce sont les Bancs dolomitiques à *Lithostrotion*. La dolomitisation se présente ici comme un phénomène continu avec ses périodes de paroxysme (*dolomie grenue*) et ses périodes de détente (*calcaire dolomitique* et *calcaire cristallin piqué de points de dolomite*). La faune remarquablement homogène est représentée par des *Lithostrotion*, des Tabulés (parmi lesquels *Syringopora*), des Crinoïdes, auxquels il faut ajouter de nombreux Foraminifères et, de temps à autre seulement, des esquilles de tests de Brachiopodes. La dolomie se retrouve en amas moins importants dans une série de bancs calcaires à zones alternativement grises et brunes (*calcaire zonaire*). Ces zones sont autant d'organismes ramuleux superposés; ils font penser à de menues algues calcaires. Les dépôts de dolomite qui les affectent se présentent sous la forme de petits amas de rhomboèdres en général peu épais et linéaires, soulignant la partie supérieure de la lame organique mais parfois imprégnant irrégulièrement toute son épaisseur.

La silice, sous forme de calcédoine, épigénise fréquemment les tests de Brachiopodes et le squelette des *Lithostrotion* et des *Syringopora;* on la voit concentrée sous forme de silex (*calcaires à silex*) dans des bancs calcaires sous-

jacents aux dolomies à *Lithostrotion* (Carrière Hénaux de la Vallée Heureuse et fosse d'Elinghen). Ce sont des rognons altérés et pulvérulents enchâssés dans un calcaire de Tabulés où l'on observe, outre des Tabulés de petite taille, des fragments de Crinoïdes, les Foraminifères *Endothyra* et *Archæ-discus* avec des granulosphères, quelques esquilles de Brachiopodes (*Productus*) et des fragments d'Hydrozoaires. Les portions siliceuses de ces bancs calcaires ont conservé, grâce aux impuretés, l'allure générale et le squelette des Tabulés, des granulosphères et des *Endothyra*, cependant que les vides sont soulignés par une poussière noire d'oxyde de manganèse.

Tous les calcaires dont il a été question sont parfaitement caractérisés; mais il y a souvent passage d'un facies à l'autre. C'est ainsi qu'on peut passer d'un Lunel subcompact à un calcaire d'organismes de texture grenue par des calcaires cristallins de plus en plus pauvres en granules et de plus en plus riches en organismes et en fragments de grande taille — d'un calcaire graveleux type à un calcaire oolithique à structure entre-croisée par un calcaire dont les fragments roulés montrent un commencement de revêtement concentrique — d'un calcaire chargé de grumeaux à un calcaire subcompact par diminution de taille et régularisation des grumeaux et par remplissage des interstices.

GÉOLOGIE. — *Les couches rouges d'Ouaouizert* (*Maroc central*). Note [1] de MM. **E.-F. Gautier** et **J. Savornin**, présentée par M. Ch. Depéret.

L'un de nous a récemment étudié la cuvette d'Ouaouizert, tout près de l'extrémité occidentale du Moyen Atlas; c'est un bief de la vallée de l'oued el Abid, au sud de Kasba Tadla (feuille XXXVII ouest et XLVI ouest de la carte au $\frac{1}{200000}$).

Ouaouizert est un poste de première ligne, encore assez peu accessible.

On admet depuis longtemps que les puissantes assises calcaires du Moyen Atlas occidental appartiennent au Lias et au Jurassique. L'un de nous a recueilli dans le Djebel Mesgounan, au sud de la cuvette d'Ouaouizert, un fragment d'Ammonite du groupe des *Harpoceras*, paraissant caractériser le Toarcien. Ce céphalopode provient des escarpements orientaux du Mesgounan, surplombant l'oued Ahansal, à 1^{km} nord de Taouerda, le long du sentier qui unit ce poste à celui d'Atoui. En ce point, les couches

(1) Séance du 16 mars 1925.

vivement redressées appartiennent au cœur d'un anticlinal et représentent donc un niveau inférieur. La série jurassique qui s'y superpose peut comprendre les étages Bajocien et Bathonien, comme dans le Grand Atlas oriental, où l'un de nous les a fait connaître.

On sait aussi, depuis longtemps, que la remarquable cuvette d'Ouaouizert, au milieu des masses calcaires, est creusée dans des couches rouges, beaucoup plus tendres, chargées de gypse. La carte géologique provisoire au $\frac{1}{1500000}$ attribue ces couches rouges au Permo-Trias.

C'est un point de vue auquel il faut certainement renoncer.

Une lentille calcaire, intercalée dans les terrains rouges, a fourni une petite faune d'Ostracés et d'Échinides, que l'un de nous rapporte au Crétacé moyen, par comparaison avec les roches et fossiles qu'il a observés entre Ksabi et Midelt (¹). Les espèces, appartenant aux genres *Exogyra* et *Hemiaster*, sont malheureusement frustes et difficiles à déterminer avec précision. Deux Ammonites discoïdes, du même gisement, paraissant d'espèces nouvelles, ont été soumises à l'examen de M. le professeur Kilian. Le savant spécialiste y reconnaît des *Choffaticeras*, dont les affinités permettent d'affirmer avec une suffisante certitude l'âge turonien.

Cette faune néritique a été trouvée à 3^{km} à l'est du poste d'Ouaouizert. L'oued Ouaouizert, simple torrent, a creusé dans les calcaires crétacés un canyon, dont la muraille nord est percée de curieuses grottes étagées, longuement décrites par de Foucault. Ces calcaires reposent sur des assises de gypse cristallisé. Ils supportent des couches couvertes d'éboulis et de végétation et qui sont certainement encore gypseuses, car les Berbères en extraient du plâtre. Les calcaires turoniens représentent donc un intermède marin au milieu de formations lagunaires.

Les couches d'Ouaouizert sont extrêmement puissantes. L'érosion de l'oued el Abid montre toutes leurs tranches, du sommet à la base. Le point le plus bas est à Bin el Ouidan (704^{m}), au confluent des oueds Abid et Ahansal. Le point le plus haut est à Bou-Irfaouer (sommet à l'est du poste, portant un blockhaus) : cote 1690. On peut donc évaluer à un millier de mètres l'épaisseur des couches.

Le poste d'Ouaouizert étant à 948^{m}, les petites falaises de Turonien qui le dominent sont vers 1100^{m} d'altitude.

La succession complète des assises d'Ouaouizert est la suivante :

(¹) Cf. J. Savornin, *Le bassin crétacé de la Haute-Moulouya* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 527).

A la base, des grès rouges violacés, assez durs (une centaine de mètres). Au-dessus, 300m environ de grès rouges, moins foncés, surtout beaucoup moins durs. La cuvette est creusée dans ces grès tendres, dont l'étendue superficielle est considérable. Le piton sur lequel se dresse le poste d'Ouaouizert est formé de grès tendre, couronné et protégé par une terrasse de cailloutis.

Au-dessus viennent les assises de gypse cristallisé et la lentille calcaire fossilifère : une cinquantaine de mètres en tout.

Les couches soustraites à l'observation par les éboulis des pentes assez raides, ont une puissance totale de 400m environ.

Enfin, tout au sommet, une autre lentille plus puissante, de calcaire plus massif, forme chapeau protecteur (une quarantaine de mètres ?). Elle porte le blockhaus, et c'est la raison d'être de Bou Irfaouen.

L'un de nous propose, par assimilation à ce qu'il a décrit dans la Haute-Moulouya et le Haut Guir, d'attribuer à l'Albien les grès inférieurs; au Cénomanien les grès tendres et les gypses; au Turonien, le calcaire blanc fossilifère; au Santonien, les couches gypseuses supérieures; au Campanien, le calcaire terminal.

Sur tout le pourtour de la cuvette, on voit les calcaires jurassiques s'enfoncer sous les grès de base, sans discordance appréciable.

L'allure générale des couches paraît d'ailleurs très simple. Deux anticlinaux encadrent la cuvette. Au Nord, les Djebels Renim et Tassemit appartiennent certainement à la charnière d'un anticlinal. La retombée nord du pli, sur le Tadla, n'est pas nette. Aussi y a-t-il là une dénivellation brusque de 1500m, où le travail de l'érosion a été formidable.

Au Sud, une autre charnière, parallèle, passe par les Djebels Mesgounan et Abadine.

Entre les deux lignes de reliefs, la cuvette est une dépression synclinale typique. L'allure des couches crétacées y est très tranquille, en fond de bateau. Dans ce pays décharné on distingue facilement, même de loin, le relèvement marqué des couches crétacées sur tout le pourtour de la cuvette. Ouaouizert, au centre, est sur la partie horizontale.

L'oued el Abid pénètre dans la large cuvette, un peu en amont de Bou Irfaouen, par d'étroites et profondes gorges ; il en sort un peu en aval de Bin el Ouidan par d'autres canyons, taillés dans le calcaire jurassique. Entre ces gorges infranchissables les pentes molles des couches rouges, formant cuvette, ont attiré l'humanité, imposé des routes naturelles et des emplacements de marchés.

Il faut admettre que, à une époque géologique récente, un mouvement épeirogénique a puissamment soulevé la région. Les canyons jurassiques sont d'une profondeur étonnante. Sous Taouerda, les gorges en coup de scie de l'oued Ahansal peuvent avoir un millier de mètres. Dans la cuvette d'Ouaouizert, les terrasses étagées jouent un très grand rôle, jusqu'au poste même, à 250^m au-dessus de la rivière, et beaucoup plus encore sur les pentes du Djebel Rénim.

A la faveur du brachysynclinal, les couches crétacées sont conservées à Ouaouizert dans leur intégralité. Mais elles s'étendent bien au delà. On retrouvera probablement d'autres cuvettes semblables en amont et en aval. Les couches de base, les grès durs violacés, beaucoup plus résistantes à l'érosion, se sont conservées même dans les zones anticlinales sur de grandes étendues : au poste d'Atoui et sur le flanc nord du Mesgounan, au sud d'Azilal.

En Algérie et dans le nord du Sahara Algérien, les grès rouges de l'Albien, les assises gypseuses du Cénomanien, ont été interprétés comme des indices d'un climat crétacé aride. Il faut sans doute étendre cette conception au Maroc.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le régime des eaux de la Manche et la transformation en chaleur d'une fraction de l'énergie des courants de marée.* Note [1] de M. **Pierre Le Conte**, présentée par M. J. Perrin.

Une station hydrométrique effectuée par le *Pourquoi-pas?* en août 1922 sous le cap Lizard a été le point de départ de nos recherches. Les anomalies de température qu'elle présentait (à nouveau constatées en 1924) ont permis de conclure à la superposition aux courants de marée d'un entraînement d'eau vers l'Est.

Ce phénomène est localisé aux abords de la pointe de Cornouailles et n'existe pas dans toute l'entrée de la Manche; ce sont d'ailleurs des eaux froides qui viennent ainsi en été se heurter aux eaux réchauffées de la Manche sous le cap Lizard. En effet, une vaste nappe d'eau, d'Ouessant aux Sorlingues, conserve sensiblement sa température hivernale (11°) entre la transgression chaude atlantique et les eaux à 15° de la Manche.

L'étude de cette nappe froide montre qu'en profondeur les échanges

---

[1] Séance du 6 avril 1924.

entre la Manche et l'Océan sont des plus limités. En surface même, la dérive vers l'Est est combattue et probablement neutralisée par un courant vers l'Ouest, provenant de la différence de densité. Il s'ensuit que certaines espèces de péridiniens pélagiques, notamment *Ceratium tripos forma atlantica* (Ostenfeld) disparaissent brusquement des prises de plankton lorsqu'on franchit la ligne Ouessant-Lizard qui correspond sensiblement à la limite des eaux.

Isolées des transgressions atlantiques, les eaux de la Manche accusent pourtant un réchauffement estival très marqué que n'explique pas suffisamment la faible profondeur de cette mer. Nous avons pensé à invoquer la transformation en chaleur d'une fraction de l'énergie des courants de marée, très violents dans la Manche, dont les dragages du *Pourquoi-pas?* ont permis de constater l'intensité même par les plus grands fonds de cette mer. En raison de l'incertitude des coefficients de frottement, le calcul ne peut donner de la valeur de ce travail qu'une approximation insuffisante; mais la stabilisation verticale observée en Manche pendant l'été s'explique de ce fait par des courants de convection. En hiver, c'est l'air qui bénéficie des calories provenant de cette transformation : la douceur du climat hivernal des rives de la Manche en est la conséquence et ce climat ne se trouve donc pas dépendre directement des transgressions chaudes qui régissent celui de la côte atlantique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les produits de l'hydrolyse fermentaire du rhamnicoside : primevérose et rhamnicogénol.* Note de MM. **M. Bridel** et **C. Charaux**, présentée par M. L. Guignard.

Le rhamnicoside est le glucoside générateur du vert de Chine que nous avons extrait de l'écorce de Nerprun purgatif (¹). Il fournit à l'hydrolyse acide du glucose, du xylose et un produit insoluble dans l'eau, le rhamnicogénol. Il possède la propriété d'être facilement hydrolysé par l'eau bouillante en primevérose et rhamnicogénol.

Comme les autres glucosides à primevérose que nous connaissons, le rhamnicoside est hydrolysé par les poudres fermentaires de plantes renfermant ces glucosides : *Monotropa Hypopitys* L.; *Primula* divers; *Cornus sanguinea* L.

(¹) *Le rhamnicoside, glucoside nouveau, générateur du vert de Chine, retiré de l'écorce de tige de Nerprun purgatif* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1047).

Malgré l'insolubilité presque complète du rhamnicoside et l'insolubilité de la poudre fermentaire, l'hydrolyse a lieu assez rapidement en milieu aqueux. Quand on verse sur un mélange de rhamnicoside et de poudre fermentaire de *Cornus* de l'eau distillée, on constate que le liquide prend un aspect laiteux par suite de la formation d'une émulsion entre l'eau, le ferment et le glucoside. Puis, peu à peu, le produit d'hydrolyse, blanchâtre, se dépose au fond du flacon et, en trois jours, la latescence a disparu entièrement. Le liquide est devenu brun, la poudre fermentaire et le rhamnicogénol sont tombés au fond du flacon. L'émulsion qui s'est formée au moment de l'hydrolyse indique que ferment et glucoside ont dû contracter une de ces unions labiles dont on suppose toujours l'existence entre le ferment et le produit à hydrolyser et qu'on a pu ici entrevoir.

L'hydrolyse terminée, on a filtré pour séparer de la solution sucrée le mélange de poudre fermentaire et de produit de dédoublement.

De la solution sucrée, on a extrait facilement à l'état pur et cristallisé le primevérose dont le pouvoir rotatoire, le pouvoir réducteur et l'indice de réduction concordent avec ceux que l'un de nous a donnés pour le primevérose provenant de l'hydrolyse du gentiacauloside et du monotropitoside.

Le rhamnicogénol a été retiré de son mélange avec la poudre fermentaire en le faisant cristalliser dans l'éther acétique anhydre, qui est un des rares dissolvants dans lesquels il ne s'altère pas trop rapidement.

Cristallisé dans l'éther acétique et séché dans le vide sulfurique, le rhamnicogénol se présente sous la forme d'une poudre jaune chamois clair, en prismes microscopiques colorés en jaune très pâle. La saveur n'est pas amère, mais il procure une sensation de brulûre légère dans la gorge. Il perd lentement, dans le vide, à $+60°$, 5,84 pour 100 de son poids. Son point de fusion instantané est $+177°$. Desséché, il fond à $+193°$, en noircissant. Il se volatilise nettement, dans le vide ou à la pression atmosphérique, à $+190°$.

Ses solutions dans l'éther acétique, l'alcool méthylique et l'alcool éthylique présentent une belle fluorescence verte; les deux dernières s'altèrent rapidement et laissent déposer une substance noire insoluble.

Le perchlorure de fer au dixième colore en vert émeraude une solution de rhamnicogénol dans l'alcool absolu.

Si l'on agite une suspension aqueuse de rhamnicogénol avec une baguette de verre trempée au préalable dans une solution de soude à 20 pour 100, le rhamnicogénol se dissout et la solution prend une teinte rose, avec une belle fluorescence verte. La coloration n'augmente pas sensiblement à l'air. Dans

les mêmes conditions, le rhamnicoside donne une teinte bleu violet augmentant progressivement à l'air. En présence d'un excès de solution de potasse à 2 pour 100, le rhamnicogénol donne une solution rouge violacé. En acidifiant cette solution, il se forme un précipité brun noir, soluble dans l'éther. Par évaporation de l'éther, il reste un produit très coloré, renfermant des cristaux différant du rhamnicogénol et que nous n'avons pas pu séparer.

L'analyse élémentaire a été faite sur un produit desséché à $+60°$, dans le vide.

0g,1816 ont donné 0g,0698 d'eau et 0g,4133 de gaz carbonique :

$$H = 4,27 \text{ pour } 100; \qquad C = 62,00 \text{ pour } 100.$$

0g,1635 ont donné 0g,0656 d'eau et 0g,3755 de gaz carbonique :

$$H = 4,45 \text{ pour } 100; \qquad C = 62,60 \text{ pour } 100.$$

La formule $C^{15}H^{12}O^{6}$ que nous avons donnée pour le rhamnicogénol concorde avec ces chiffres :

	Trouvé.	Calculé.
C pour 100.............	62,00; 62,60	62,50
H pour 100.............	4,27; 4,45	4,16

Le rhamnicogénol, donnant la réaction de Bornträger, doit être considéré comme un dérivé oxyméthylanthraquinonique. La formule générale de ces composés est $C^{15}H^{10}O^{n}$: le rhamnicogénol renferme donc 2 atomes d'hydrogène en plus.

Les anthranols renferment 2 atomes d'hydrogène de plus que les anthraquinones correspondantes; ce sont des composés instables qui s'oxydent facilement en milieu alcalin pour donner des anthraquinones. Le rhamnicogénol possédant cette propriété doit rentrer dans la classe des anthranols. Ce serait ainsi un *pentahydroxyméthylanthranol*, qui donnerait par oxydation une *pentahydroxyméthylanthraquinone*.

Tous les faits expérimentaux concordant avec la formule $C^{15}H^{12}O^{6}$, nous l'adopterons pour le rhamnicogénol.

En résumé, le rhamnicoside donne, par hydrolyse fermentaire, du primevérose et du rhamnicogénol suivant l'équation



$$C^{26}H^{30}O^{15} + H^{2}O = C^{11}H^{20}O^{10} + C^{15}H^{12}O^{6}.$$

Le rhamnicogénol est un dérivé du méthylanthranol.

On connaît déjà, dans les baies de la même plante, un glucoside à

anthranol, la gestérine (1), qui donne, à l'hydrolyse acide, l'anthranol de l'émodine ou trioxyméthylanthranol, du glucose et un pentose qui n'a pas été identifié.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'aptérisme chez les Insectes insulaires.* Note (2) de M. **René Jeannel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

C'est une opinion généralement reçue que l'aptérisme est un caractère fréquent chez les Insectes insulaires et on a longuement discuté l'action que le non-usage ou la sélection avaient dû exercer dans les îles, sur l'aile des Insectes exposés à périr du fait des vents marins. Qu'il existe dans les faunes insulaires un pourcentage élevé de formes aptères, ce fait est incontestable et Darwin l'a signalé depuis longtemps dans *l'Origine des Espèces*, d'après les statistiques de Wollaston sur la faune des îles Madère. Mais il n'est pas prouvé que les conditions d'existence dans les îles soient la cause de l'aptérisme de leurs Insectes.

Pour se faire une opinion précise, ce ne sont pas des statistiques générales qu'il faut examiner; il est nécessaire de considérer séparément l'histoire de chaque groupe et de voir si vraiment les lignées perdent leurs ailes lorsqu'elles sont isolées dans des îles. Les *Trechinæ*, groupe de Coléoptères Carabiques abondamment représentés dans le monde entier, ne montrent rien de semblable, comme on va le voir.

Tous les *Trechus* de Madère (8 espèces) sont aptères; mais par contre ceux des îles Canaries (6 espèces) sont ailés, à l'exception du *T. felix*, vivant à haute altitude. Certaines espèces aptères de Madère paraissent spéciales aux altitudes élevées, mais d'autres, comme *T. custos* et *T. Wollastoni* se trouvent jusqu'au bord de la mer. Voici donc déjà un fait qui montrerait que la prétendue loi d'aptérisme s'applique aux îles Madère, mais pas du tout aux Canaries. Il s'agit cependant dans les deux archipels d'espèces spéciales, non importées, ayant toutes à peu près la même ancienneté. L'étude phylogénique des *Trechus* montre que les Canaries ont reçu leurs *Trechus* de la lignée du *T. obtusus*, encore ailé dans le nord de l'Afrique, tandis que Madère les a reçus par l'Espagne, de la lignée du *T. tingitanus*, qui est aptère, comme tous ses proches parents immédiats. Si les *Trechus*

(1) H. Krassovskayo, *Recherches chimiques sur les fruits du Nerprun épineux* (*Rhamnus cathartica* L.) (*Journ. Soc. Phys. Chim. Russe*, 40, 1908, p. 1510).

(2) Séance du 6 avril 1925.

de Madère sont aptères, c'est parce que leurs souches primitives l'étaient déjà ou avaient au moins tendance à le devenir. Les *Trechus* des Canaries provenant d'une souche ailée, sont restés ailés, malgré leur isolement qui remonte à une date assez ancienne.

Le *T. quadristriatus*, toujours ailé dans sa vaste distribution continentale, est ailé aux îles Baléares et en Corse; mais il est possible qu'il y soit d'importation récente. Par contre il est aptère dans l'île d'Elbe et cette station est même la seule que je connaisse où cette espèce soit aptère.

La Corse héberge une espèce de montagne, *T. Varendorffi*, qui est naturellement aptère, comme ses proches parents des Pyrénées, ou de la sierra Nevada. Mais il existe aussi en Corse une espèce spéciale, vivant à basse altitude, qui se retrouve en Sardaigne. Cette espèce, *T. tyrrhenicus*, descend du *T. obtusus*, ailé dans le nord de l'Afrique et la Sicile, aptère en Espagne et dans l'Europe centrale. *T. tyrrhenicus* est ailé en Sardaigne, aptère en Corse. Ceci montre que le *T. obtusus*, originaire du nord de l'Afrique, a émigré en Sardaigne et en Corse, sans présenter de tendance à l'aptérisme plus marquée que celle qu'il montre dans son émigration parallèle sur le continent, par l'Espagne, vers la France et le nord de l'Europe.

Céphalonie a un *Trechus* aptère, *T. cephalonicus*, qui appartient à une lignée d'espèces balkaniques toutes aptères. Rien n'indique donc qu'il soit devenu aptère du fait de son isolement dans une île. On le trouve d'ailleurs sous les mêmes pierres que le *T. nigrinus* toujours ailé.

Chypre a un *Trechus* aptère localisé à une certaine altitude sur le mont Olympe; mais cette île a une espèce de plaine, *T. Saulcyi*, qui est ailée et existe également ailée en Syrie. La colonie isolée dans l'île de Chypre n'a pas perdu ses ailes.

La Crète nourrit des formes ailées, *T. crucifer* (toujours ailé dans la région égéenne), *T. subnotatus*, dont la variété ailée se trouve aussi bien en Crète et dans les Cyclades, qu'en Grèce et en Macédoine.

Dans les îles du nord de l'Europe, on trouve aussi bien les espèces ailées qu'aptères, répandues dans toute la zone subarctique : *T. rubens* ailé en Islande, *T. obtusus* aptère aux Fär-Öer, *T. quadristriatus* ailé aux Shetland. Mais dans aucune de ces îles, il n'existe des espèces endémiques.

Aux Philippines, l'île de Luzon renferme un *Trechus* aptère; mais il s'agit d'une espèce montagnarde dont tous les proches parents habitent l'Himalaya et sont aptères.

Juan Fernandez, dans le Pacifique, a un *Trechisibus* aptère, *T. femoralis*, qui se retrouve également aptère au Chili. Toutes les espèces des îles

antarctiques enfin sont aptères, tant aux îles Crozet (*Temnostega*, *Amblystogenium*) qu'aux îles Falkland et dans l'archipel de la Terre de Feu (*Trechisibus*). Mais ici encore les proches parents continentaux sont presque tous aptères et il n'est pas possible de dire qu'aucune de ces espèces ait dû perdre ses ailes parce qu'elle habitait une île.

En somme, l'étude des *Trechinæ* ne montre qu'un seul exemple pouvant être interprété comme un cas d'aptérisme produit par l'isolement dans les îles, c'est celui du *T. quadristriatus* aptère de l'île d'Elbe. D'autres exemples, comme celui des espèces des îles Atlantides ou encore celui du *T. tyrrhenicus* corso-sarde, prouvent au contraire, avec évidence, que le seul fait d'habiter une île n'a aucune action sur la régression des ailes. Les espèces insulaires se montrent ailées ou aptères selon que leurs proches parents continentaux sont ailés ou aptères.

Il est facile de constater par l'étude de la variation des espèces continentales, que l'aptérisme survient presque toujours chez les lignées qui ont émigré au loin, soit en plaine vers des climats différents de celui du centre de dispersion, soit dans les chaînes de montagnes. Il survient aussi souvent sur place, sans qu'il y ait eu migration, mais il est alors en rapport avec des changements des conditions de milieu au cours des périodes géologiques et se produit toujours chez les lignées anciennes.

L'arrêt de développement des ailes est un phénomène du même ordre que la néoténie; sa cause est que l'espèce, dans un nouveau milieu, n'a plus son optimum de croissance. Il est le point de départ d'une évolution orthogénique spéciale, composée de toutes les modifications corrélatives de la perte de la fonction du vol : réduction du métathorax, déformation des élytres, atrophie de la partie postérieure de l'œil, raccourcissement des antennes, etc.

S'il existe dans les faunes insulaires un pourcentage élevé d'Insectes présentant tous les caractères de l'aptérisme, c'est surtout parce que l'isolement dans les îles a préservé de la destruction beaucoup d'espèces, relictes ou immigrées, qui seraient aussi bien aptères si elles avaient survécu sur le continent.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'action des facteurs externes sur les Infusoires. Le déterminisme de la formation des chaînes (dystomie) chez les* Colpidium. Note de M. **Édouard Chatton** et Mme **Chatton**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans des Notes antérieures ([1]), nous avons mis en évidence le rôle prépondérant des facteurs externes, dont la flore bactérienne, dans le déterminisme des différentes phases de l'évolution ontogénétique des Infusoires. On trouvera dans cette Note un exemple très net d'action bactérienne conditionnée elle-même par le milieu, et dont l'effet aurait pu, si cette action avait été méconnue, être imputée à des causes internes. Et l'on verra que c'est probablement à une influence de ce genre qu'eut affaire, à son insu, l'éminent biologiste américain Jennings quand il observa la formation de chaînes chez les Paramécies et l'interpréta comme une acquisition héréditaire.

Le *Colpidium camplyum* en culture pure mixte avec le *Bacillus fluorescens* se divise normalement en 20 minutes et les individus fils n'excèdent pas la moitié du volume du progéniteur. Mais si nous substituons dans ce complexe pur mixte un certain Colibacille, que nous appelons Colibacille D, au *B. fluorescens*, les individus fils restent soudés pendant plusieurs heures (dystomie), s'accroissent et forment ainsi des chaînes de deux ou quatre articles et même parfois, par défaut complet de scission, des monstres polyénergides. Les chaînes parviennent à se dissocier, mais les monstres n'y arrivent pas toujours et finissent alors par mourir. Dans ces chaînes ou dans ces monstres, les vacuoles alimentaires, au lieu d'être sphériques comme dans les Colpides normaux, sont étirées en longs canaux et les bols fécaux, au lieu d'être globuleux, forment des cordons irréguliers, modifications qui témoignent des perturbations profondes de l'équilibre plasmatique des Infusoires.

Étudiant le déterminisme de ces formations caténulaires, nous avons pu établir les faits suivants :

1° De toutes les bactéries en présence desquelles nous avons cultivé le *Colpidium* (trois Colibacilles, paratyphiques A et B, paracoli, typhiques, dysentérique, *typhi murium*, bactéries des eaux, etc.), une seule jusqu'ici s'est montrée dystomigène : le Colibacille D. Ce Colibacille D ne diffère des

([1]) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1091, et 170, 1920, p. 1262.

autres Colibacilles par aucun des critères utilisés pour identifier ces bactéries et différencier leurs races, mais seulement par cette propriété dystomigène qui nous permet donc de le caractériser comme une race spéciale.

2° Le pouvoir dystomigène du Colibacille D ne s'exerce que dans les milieux d'origine végétale, et n'y apparaît qu'après 12 à 24 heures de culture. Il est largement indépendant du P_H et de la température, mais il est inhibé par les concentrations élevées du liquide en sels et en matières organiques.

3° Il est lié aux corps bacillaires mêmes. Les cultures deviennent actives quand elles sont privées des corps bacillaires par centrifugation ou par filtration, tandis que ces corps bacillaires, transportés en milieu neuf, s'y montrent immédiatement dystomigènes.

Le pouvoir dystomigène persiste chez les bacilles tués par la chaleur.

Étant donnés ces faits, nous pouvons faire l'hypothèse que les corps bacillaires digérés par les infusoires laissent diffuser en ceux-ci une substance (dystomine) élaborée aux dépens du milieu végétal qui modifie considérablement certaines propriétés physico-chimiques de leur plasma (tension superficielle ou viscosité).

4° L'action dystomigène du Colibacille D ne se manifeste, toutes conditions égales d'ailleurs, qu'à l'égard des deux espèces du genre *Colpidium : C. campylum* et *C. colpoda*, et à l'exclusion des autres infusoires des macérations végétales : Paramécies, *Glaucoma*, Colpodes. Les caractères morphologiques sur lesquels est basée la notion du genre *Colpidium* correspondent donc à une constitution plasmatique très semblable des espèces qui le composent.

On connaît déjà l'existence de formations caténulaires chez les Ciliés. Les unes, normales, ne se rencontrent que chez les parasites (*Anoplophryidæ Polyspira*, *Gymnodinioides*). Les autres, celles des Ciliés libres, sont pathologiques ou tératologiques. Nous n'en connaissons que chez *Frontonia leucas* (Shumway, 1915) et chez les Paramécies (Simpson, 1901), Mlle Sun (1912), Calkins (1911), Jennings (1908) [1]. Les trois premiers auteurs les ont signalées sans commentaires. Calkins les a obtenues chez des Paramécies en régénération après mérotomie. Le cas qui nous intéresse le plus ici est celui de Jennings.

Dans une lignée de Paramécies entretenues sur décoction de foin, en verres de montre, Jennings vit un jour se former une chaîne, et le phéno-

---

[1] *The Journ. of Exp. Zoölogy*, 5, 1908, p. 577.

mène se reproduire, dès lors, dans cette même lignée de temps à autre. Isolant alors, d'une part des individus solitaires, d'autre part des chaînes, il constata qu'après deux sélections, à 24 et 48 heures d'intervalle, les solitaires ne donnèrent que des solitaires, les chaînes seulement des chaînes et des monstres qui s'éteignirent le cinquième jour, étouffés par les bactéries. Jennings considéra cette tendance des Paramécies à former des chaînes comme un caractère acquis dont il étudia la transmission, sans se préoccuper d'une action possible du milieu. Et en présence du résultat de ses sélections, il conclut à l'hérédité de ce caractère et à l'apparition d'une nouvelle race de Paramécies. Son expérience et ses conclusions ont été relatées dans plusieurs ouvrages classiques.

Nous ne pouvons naturellement appliquer sans réserve les notions que nous ont fournies nos expériences au cas des Paramécies, qui elles, sont insensibles à l'action du Colibacille D. Mais il ne nous est pas interdit de supposer qu'elles puissent réagir à l'action d'une autre bactérie. Dans cette hypothèse, l'apparition des chaînes, et même l'effet des sélections, s'expliquent aisément : Une bactérie dystomigène s'est installée dans les cultures ouvertes de Jennings et s'y est perpétuée. Dans les cultures d'individus solitaires, où ceux-ci étaient nombreux, elle a été vite consommée et la dystomie a cessé de ce fait. Dans les cultures de chaînes issues d'un petit nombre d'individus, peu vivaces, la bactérie a pris le dessus et son action s'est continuée jusqu'à la mort des Infusoires. Tel est, en effet, le sort des chaînes ou des monstres de Colpides maintenus sans répit en milieu dystomigène tandis que, reportés en milieu inactif, ils reviennent à l'état normal. Cette dernière épreuve, Jennings n'a pu la tenter puisqu'il a toujours fait abstraction de la flore bactérienne et, d'une manière générale, des facteurs externes. Elle lui aurait sans doute donné le résultat que nous venons de dire et lui aurait montré que la dystomie, cessant peu après la disparition des facteurs qui la provoquent, n'est pas un caractère héréditaire acquis.

Conclusion. — Nos expériences font connaître : 1° une action bactérienne insoupçonnée jusqu'ici, perturbatrice de l'équilibre et inhibitrice de la division cytoplasmique; 2° une race nouvelle de Colibacilles que les critères usuels ne permettent pas de différencier, et qui est caractérisée par cette action; 3° la sensibilité spécifique des Ciliés du genre *Colpidium* à cette action, qui permet ainsi de compléter la définition morphologique de ce genre par une définition physiologique. Elles ajoutent une nouvelle preuve à celles que nous avons déjà fournies de l'importance des facteurs externes dans la vie des Infusoires et un exemple d'erreur résultant de leur méconnaissance.

HYGIÈNE. — *Épuration des eaux.*
Note de M. F. **Diénert**, transmise par M. E. Roux.

Dans l'épuration des eaux on peut distinguer un processus chimique et un processus biologique.

Par exemple quand une eau, pauvre en matières organiques (moins de 3^{mg} par litre) est mise en flacon bien bouché avec FeS (10^g de FeS, 10^g de craie et 50^{cm^3} d'eau), l'oxygène dissous est absorbé, les nitrates et nitrites sont réduits, et l'on constate, en moins de huit jours, que l'eau est devenue complètement stérile. Voici un exemple d'épuration d'eau en milieu anaérobie. Une telle épuration se produit dans le sous-sol et nous avons toujours observé que toutes les eaux souterraines, signalées comme stériles, étaient celles qui ne contenaient pas d'oxygène dissous ni des nitrates; ces eaux sentent très souvent l'hydrogène sulfuré (eaux des alluvions du Nil au Caire, eaux de quelques puits artésiens de Paris, eaux artésiennes des sables du Soissonnais, eaux artésiennes de la craie de Cambrai, etc.).

S'il existe des eaux souterraines bien épurées contenant de l'oxygène dissous, aucune, prise avec les précautions d'usage, n'est véritablement stérile. Dans l'épuration chimique naturelle des eaux, les sels ferreux et manganeux ont une grande importance.

Le processus biologique de l'épuration des eaux est mieux connu, mais il peut être rapproché du processus chimique puisqu'un grand nombre de réactions chimiques comme l'oxydation du soufre (1), de l'ammoniaque, qui s'accomplissent dans le sol, sont d'ordre biologique.

Généralement le processus biologique demande une accoutumance préparatoire. Ainsi un filtre submergé n'est efficace qu'après plusieurs jours de fonctionnement, quand la membrane biologique, formée de diatomées, d'algues et de microbes, s'est développée à sa surface. Le filtre non submergé, sur lequel l'eau arrive en pluie à sa surface, s'y infiltre et disparaît immédiatement, n'a pas de membrane biologique. Il ne retient pas immédiatement le *B. coli*. Il lui faut un certain temps de mûrissement.

---

(1) Dans une Note récente, M. Guittonneau (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1142) a montré que, grâce à certains microbes qu'il a isolés, le soufre se trouvait transformé en hyposulfite. De notre côté nous avons obtenu de l'hyposulfite et du tétrathionate par oxydation du soufre en milieu pauvre en matières organiques et du sulfate seulement quand le milieu est riche en matières organiques.

Voici le résultat d'une expérience faite avec un filtre non submergé constitué avec du sable calibré et stérilisé qui recevait une eau, partiellement épurée, contenant 4000 *B. coli* par litre :

Réduction du B. coli (*pour* 100) *après* 1, 8, 30 *et* 60 *jours de fonctionnement.*

1 jour.	8 jours.	30 jours.	60 jours.
24	50	80	94

Le filtre mûrit donc peu à peu et s'accoutume à sa fonction épurante.

Vis-à-vis des substances dissoutes on retrouve cette période de mûrissement. Ainsi, en ajoutant, à l'état de sel ammoniac, 10^{mg} par litre d'ammoniac dans l'eau admise sur le filtre non submergé, on n'obtient qu'après 8 jours de fonctionnement une eau filtrée dans laquelle l'ammoniac a disparu et est complètement nitrifiée. Mais le filtre ainsi accoutumé conserve pendant plusieurs semaines son accoutumance, même quand l'eau ne renferme pas d'ammoniac. Si l'on remplace l'ammoniac par du phénol à raison de 1 à 2^{mg} par litre, au bout de 9 jours de fonctionnement du filtre, l'eau filtrée ne contient plus de phénol, oxydé par les microbes bien connus qui oxydent cette substance. Un filtre, accoutumé à oxyder le phénol, transforme également le gaïacol.

Cette adaptation du filtre est susceptible d'application pratique. On sait que les eaux de rivière ne peuvent être distribuées que filtrées. Elles sont susceptibles d'être polluées, grâce aux déversements industriels, par des produits chimiques divers, en particulier des phénols. L'eau ainsi filtrée, si elle est javellisée, a une odeur et un goût d'iodoforme qui la rend impropre à la consommation.

On évite ce grave inconvénient en accoutumant le filtre à l'acide phénique. C'est une opération très simple et peu coûteuse. L'accoutumance du filtre persiste même après son nettoyage lorsqu'on veut le décolmater. On peut, très simplement, de cette façon, supprimer un des grands inconvénients signalés de la javellisation des eaux de rivière.

Nous pourrions répéter pour l'oxydation du soufre les mêmes constatations que celles que nous venons de rapporter, ce qui nous permet d'affirmer que l'accoutumance préparatoire semble de règle générale dans le processus biologique de l'épuration des eaux.

La séance est levée à 17^{h}.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 16 février 1925.)

Note de M. *A. Lacroix*, Sur un nouveau type de roche éruptive alcaline mésocrate :

Page 481, ligne 2 en remontant, et page 484, ligne 12 en remontant; *au lieu de* grorudite, *lire* tinguaïte.

Page 484, ligne 16, *au lieu de* (1) Zr, *lire* (1) ZrO^2; *au lieu de* Cl^2O^3, *lire* Ce^2O^3.

(Séance du 2 mars 1925.)

Note de M. *Comas Solà*, Sur le mouvement du Soleil :

Page 649, ligne 16, *au lieu de* point normal, *lire* point vernal.

(Séance du 30 mars 1925.)

Note de M. *A. Baldit*, Sur un alignement de sources radioactives dans la région de Velay (Haute-Loire) :

Page 1026, ligne 10, *au lieu de :*

Sembadel.........	45° 16,7	1° 21,7	1080m	34

lire :

Sembadel.........	45° 16,7	1° 21,7	1080m	12

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mars 1925.

Notions fondamentales de chimie organique, par Charles Moureu. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 22cm, 5.

Essais de détermination du prix de revient des transports par chemins de fer; esquisse d'une tarification résultant de la connaissance du prix de revient, par Thérèse Leroy. (Rapport présenté au 1er Congrès de l'Organisation scientifique tenu les 28, 29 et 30 juin au Conservatoire national des Arts et Métiers de Paris; Ve section : le prix de revient, 30 juin 1923). Montrouge, Imprimerie de l'Édition et de l'Industrie, s. d.; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Les transports. La rotation du matériel dans les chemins de fer considérée au point de vue de la détermination du prix de revient des opérations qu'elle comporte, par Thérèse Leroy. Paris, Bureau d'études de M. Gustave Péreire, 1924; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Essai mathématique sur les prix de revient des transports par chemins de fer, par Thérèse Leroy. Paris, Gauthier-Villars, Champion, Ch. Bernard, 1919; 1 vol. 27cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Office scientifique et technique des pêches maritimes. Notes et Mémoires, no 5 : *Recherches sur l'exploitation et l'utilisation industrielle des principales laminaires de la côte bretonne*, par P. Freundler et Mlle Y. Ménager. Angers, Gaultier et Thébert, 1921; 1 fasc. 25cm. Notes et Mémoires, no 13 : *Recherches sur la variation de l'iode chez les principales laminaires de la côte bretonne*, par P. Freundler et Mlle Y. Ménager. Paris, Ed. Blondel La Rougery, 1922; 1 fasc. 25cm.

Notes et Mémoires, no 26 : *Recherches sur la variation de l'iode chez les principales laminaires de la côte bretonne*, par P. Freundler et Mlles Y. Ménager et Y. Laurent. Paris, Ed. Blondel La Rougery, 1923; 1 fasc. 24cm, 5.

Notes et Mémoires, no 41 : *Recherches sur les transformations et la nature de l'iode des* Laminaria flexicaulis, par P. Freundler et Mlles Y. Ménager, Y. Laurent et J. Lelièvre. Paris, Ed. Blondel La Rougery, 1925; 1 fasc. 24cm, 5. (Présentés par M. Louis Joubin.)

Théorie mathématique de l'électricité, 1re partie : *Introduction aux équations de Maxwell*, par Th. De Donder. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 28cm, 5. (Présenté par M. G. Kœnigs.)

L'Année psychologique, publiée par Henri Piéron. Paris, Félix Alcan, 1924; 1 vol. 22cm, 5. (Présenté par M. Henneguy.)

Bulletin du Laboratoire de Morphologie expérimentale et d'Aviation de l'École de Hautes Études :

I. *Contribution à l'étude de la structure interne du vent*, par E. HUGUENARD, A. MAGNAN et A. PLANIOL.

II. *Le calcul des trajectoires des avions voiliers avec application au vol à voile dynamique*, par E. HUGUENARD et A. SAINTE-LAGUË.

III. *L'avion sans moteur; essais d'utilisation de l'énergie interne du vent par l'avion voilier Magnan*, par A. MAGNAN.

IV. *Étude sur l'énergie interne du vent; son rôle dans le vol à voile et la navigation aérienne*, par E. HUGUENARD, A. MAGNAN et A. PLANIOL. Paris, Roche d'Estrez, 1924; 4 fasc. 27^{cm}. (Présentés par M. Mangin.)

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie, publiées, sous le patronage de l'Union de chimie pure et appliquée, par le Comité international nommé par le VIIe Congrès de Chimie appliquée. Vol. V, 1re partie. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 28^{cm}. (Présenté par M. Charles Moureu.)

Science et industrie, par HENRY LE CHATELIER. Paris, Ernest Flammarion, 1925; 1 vol. 19^{cm}.

The True Cause of Baldness, by I.-L. NAGLER. New-York, 1925; 1 vol. 15^{cm}.

Sur la théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre d'une seule fonction inconnue, conférences faites sous les auspices de la *Fondation Universitaire* dans les quatre Universités belges (1923-1924), par N.-N. SALTYKOW. Paris, Gauthier-Villars et Cie; Bruxelles, Maurice Lamertin, 1925; 1 vol. 29^{cm},5. (Présenté par M. Appell.)

Cosmographie et navigation, par C. CORNET. 1re partie : *Programme de capitaine de la marine marchande et d'élève officier*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 25^{cm}, 5. (Présenté par M. Bourgeois.)

The Production and Measurement of Low Pressures, by F.-H. NEWMAN. London, Ernest Benn Ltd, 1925; 1 vol. 24^{cm}.

Icones selectæ Fungorum, par P. KONRAD et A. MAUBLANC. Fasc. 1. Paris, Paul Lechevalier; 1924; recueil de planches, 28^{cm}. (Présenté par M. L. Mangin.)

Notations et formules vectorielles, par A. LAFAY. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 fasc. 23^{cm}. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, par ALBERT Ier, prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de M. JULES RICHARD. Fasc. LXIX : *Copépodes particulièrement bathypélagiques provenant des campagnes scientifiques du prince Albert Ier de Monaco*. Imprimerie de Monaco, 1924; 1 vol. 36^{cm}. (Présenté par M. Ch. Gravier.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 AVRIL 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDROLOGIE. — *Sur l'ordre de grandeur des variations de profondeur et d'étendue du lac Tchad.* Note (¹) de M. **Jean Tilho.**

Au cours de notre dernier voyage en Afrique centrale, nous avons fait reprendre les observations régulières de variation du niveau du Tchad, que nous avions commencées en 1908, sur la rive orientale, en face du poste de Bol; ces nouvelles observations ont été consciencieusement faites par MM. les chefs de poste, Cruciani, Gély, Lecomte, Boy, Colliaux et Martial, du 20 octobre 1912 au 30 septembre 1919; elles ont donné les résultats résumés ci-après :

L'année normale est caractérisée par le fait que la crue et la décrue se compensent sensiblement; ce fut le cas pour les années 1912, 1914, 1915, 1917 et 1918. L'année anormale est caractérisée soit par une *crue déficitaire* (cas de l'année 1913, où la crue fut à peine le $\frac{1}{3}$ de la crue moyenne ordinaire), soit par une *crue surabondante* (cas de l'année 1916, où la crue atteignit presque le double de la moyenne).

L'oscillation annuelle se traduit graphiquement par une courbe d'allure assez régulière, ne présentant qu'un seul minimum (mi-juillet) et un seul maximum (début de décembre); son amplitude moyenne est de $1^m,015$; la hauteur annuelle de décrue reste sensiblement la même en années normales et anormales (écart extrême constaté : $0^m,46$), tandis que pour la hauteur de crue, les écarts sont beaucoup plus accusés ($1^m,67$).

(¹) Séance du 20 avril 1925.

Le passage par le niveau moyen annuel a lieu, d'abord vers l'équinoxe de printemps, puis deux semaines environ après l'équinoxe d'automne. Le niveau moyen général de la période considérée s'est placé à $1^m,10$ au-dessus de l'étiage de juillet 1914, époque du plus faible niveau de cette période; le lac est nettement resté au-dessous de ce niveau moyen pendant 3 ans et demi (mai 1913 à octobre 1916) et nettement au-dessus le reste du temps.

Au cours de l'oscillation annuelle, il se produit, principalement pendant la décrue, de *petites oscillations irrégulières* du niveau, d'une amplitude ne dépassant pas 10^{cm}, et d'une durée de 4 à 15 jours : elles sont dues, soit à des courants de surface intermittents, provoqués par des variations de direction et de force des vents locaux, soit à des passages de *seiches*.

Pendant la crue, la montée mensuelle des eaux est, en moyenne, de 24^{cm} environ au cours des années normales; elle peut atteindre 40 à 65^{cm}, lors des *crues surabondantes*, ou rester au-dessous de 10^{cm} lors des *années déficitaires*. Pendant la décrue, la baisse mensuelle est en moyenne de 12^{cm} environ; toutefois, elle est un peu plus accentuée en mars et avril (19 et 17^{cm}), bien que le maximum d'évaporation ne se produise qu'en mai et le minimum des apports des tributaires en juin.

Les valeurs exactes de ces divers mouvements du lac sont données dans les tableaux A et B ci-dessous.

TABLEAU A. — *Époques et cotes des niveaux : minimum, moyen, maximum* (période 1912-1919).

	Minimum.		Maximum.		Moyen (décrue).		Moyen (crue).	
Années.	Époque.	Cote.	Époque.	Cote.	Époque.	Cote.	Époque.	Cote.
		m		m		m		m
1912........	″	″	24 nov.	1,76	″	″	″	″
1913........	1er août	0,74	30 nov.	0,93	7 mars	1,25	15 sept.-10 oct.	0,84
1914........	27 juillet	0,00	18-28 nov.	0,96	3 avril	0,46	8 oct.	0,48
1915........	8 juillet	0,13	28 nov.	1,13	20 mars	0,54	15 oct.	0,63
1916........	12-17 juillet	0,32	17 déc.	2,18	18 mars	0,72	12 oct.	1,25
1917........	20 juillet	0,91	15 déc.	2,16	20 mars	1,55	14 oct.	1,54
1918........	22 juillet	1,06	26 nov.	1,98	20 mars	1,61	23 sept.	1,52
1919........	16 juillet	0,95	″	″	17 mars	1,46	″	″

Le zéro est rapporté au niveau le plus bas de la période (27 juillet 1914).

TABLEAU B. — *Variation mensuelle du niveau (en centimètres) et amplitude de l'oscillation annuelle.*

	1912.	1913.	1914.	1915.	1916.	1917.	1918.	1919.	Moy.
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
Décrue au 31 décembre...	″	−19	−9	−5	−13	−9	−8	−10	−10
» 31 janvier.....	″	−7	−12	−5	−5	−22	−20	−12	−12
» 28 février.....	″	−11	−4	−19	−19	−19	−11	−12	−14
» 31 mars.......	″	−21	−16	−16	−11	−21	−26	−26	−19
» 30 avril.......	″	−7	−24	−19	−17	−21	−14	−14	−17
» 31 mai........	″	−17	−4	−2	−3	−21	−17	−11	−11
» 30 juin.......	″	−10	−8	−15	−8	−9	−10	−13	−10
Minimum de juillet......	″	−10	−16	−2	−5	−4	−4	−6	−7
Demi-oscillation de décrue.	″	102	93	83	81	126	110	104	100
Crue au 31 juillet........	″	0	+4	+16	+11	+5	+5	+9	+7
» 31 août.........	″	+3	+23	+22	+36	+21	+18	+19	+20
» 30 septembre....	″	+8	+19	+26	+41	+29	+32	+26	+26
» 31 octobre......	″	+3	+28	+20	+33	+33	+26	″	+24
Maximum de nov.-déc....	+17	+5	+22	+15	+66	+37	+10	″	+2
Demi-oscillation de crue..		19	96	100	186	125	92		10

Profondeur. — Les communications navigables entre la partie nord et la partie sud du lac ne sont possibles que si la profondeur, au sortir de l'embouchure du Chari (8 à 10^{km}), se maintient assez longtemps au-dessus de 3^{m}. Sur les principales routes de navigation, les profondeurs, aux plus basses et aux plus hautes eaux de la période 1912-1919, ont été les suivantes :

	Étiage de juillet 1924.	Maximum de décembre 1916.
	m m	m m
40^{km} autour Chari.....................	0,60 à 1,90	2,80 à 4,10
Seuil submergé de séparation...........	0,40 à 0,60	2,60 à 2,80
Archipel (routes Bol, Samia)............	0,90 à 2,30	3,10 à 4,50
Route Baga-Seyorom, Chari.............	0,80 à 1,50	3,00 à 3,70
Profondeur moyenne du lac............	1^{m},10	2^{m},50

Superficie. — Les variations de la superficie submergée du Tchad sont très considérables en raison de la platitude des rives méridionales et occidentales, de la complexité du réseau de *bahrs* constituant les rives septentrionales et orientales et, surtout, de la multitude de bancs vaseux et îles basses de l'intérieur du lac, apparaissant ou disparaissant au gré des fluctuations du niveau des eaux. Appréciées à l'estime et avec une incertitude de 500 à 1000$^{km^2}$, on peut admettre pour ces variations les valeurs suivantes :

	En milliers de kilomètres carrés :							
	1912.	1913.	1914.	1915.	1916.	1917.	1918.	1919.
15 juillet (minimum)....	....	12,5	10,0	10,5	11,0	14,0	14,5	14,0
5 décembre (maximum)...	16,0	13,0	13,0	14,0	18,0	17,5	17,0	....

Volume. — Les variations du volume de la masse liquide du Tchad, évaluées avec une incertitude de l'ordre du kilomètre cube, ont été approximativement les suivantes :

	1912.	1913.	1914.	1915.	1916.	1917.	1918.	1919.
15 juillet (min.) (kmc)....	?	19	11	12	14,5	22,5	25	23,5
5 décembre (max.) (kmc).	34	22	22	24,5	42,5	42,0	39,5	?

Les pertes annuelles apparentes (décrue) auraient ainsi varié de 10 à 20^{kmc} et les gains apparents de 3 à 28^{kmc} (moyennes, 14^{kmc} environ).

Pertes annuelles. — Elles sont dues à l'évaporation et aux infiltrations; également à l'absorption par la végétation lacustre, celle-ci couvrant des étendues d'autant plus considérables que le volume des eaux est plus réduit. Les infiltrations qui sont, au contraire, d'autant plus fortes que ce volume est plus important, favorisent le maintien de la salinité des eaux du Tchad à un degré très faible : 0,03 pour 1000 de NaCl. Quant à l'évaporation, elle avait été estimée par Nachtigal à 70^{kmc} par an, représentant une tranche d'eau de 3^{m} de hauteur. D'après nos observations et calculs, cette hauteur ne doit pas dépasser $0^{m},70$ à $0^{m},85$, par an, pour la période 1912-1919.

Gains annuels. — Ils sont dus aux apports des tributaires et des pluies locales; les apports des diverses tributaires se repartissent ainsi : Komadougou-Yoobé, 0,5 pour 100; petits affluents du Sud-Ouest, 1,5 pour 100; Chari, 98 pour 100. La crue du Chari est donc celle qui exerce sur la crue du Tchad l'influence prépondérante.

La hauteur des apports directs des pluies locales est sensiblemen égale à celle des pluies recueillies à la station de Bol, augmentée de 25 à 30 pour 100; elle représente environ 22 à 24 pour 100 de la hauteur totale de la crue annuelle du lac, comme le montre le tableau suivant :

	1913.	1914.	1915.	1916.	1917.	1918.	1919.
Hauteur de pluie à Bol (en cm)...	4,6	21,8	20,7	21,2	19,5	12,6	24,7
Hauteur de crue du Tchad (en cm).	19,0	96,0	100,0	186,0	125,0	92,0	?
Rapport (pour 100)............	24,2	22,7	20,7	11,4	15,6	13,7	?

Soit en moyenne : 18 pour 100. La part du Chari dans la crue totale du lac ressort ainsi en moyenne à 74 ou 76 pour 100 et celle des autres tributaires à 2 pour 100.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence de Trilobites et d'Archæocyathidés dans les couches cambriennes des environs de Carteret (Manche).* Note [1] de M. A. BIGOT.

Le cap Carteret, sur la côte occidentale du Cotentin, est constitué par des dalles phylladiennes vertes et parfois brun violacé, qui font partie d'un large affleurement s'étendant à l'Est autour des Moitiers d'Allonne. Ces schistes constituent les roches littorales plates au nord-ouest du cap, et entre Carteret et Portbail. Ils sont généralement peu inclinés, affectés de nombreuses ondulations à grande courbure et de petites cassures.

Les assises sur lesquelles reposent ces schistes de Carteret n'affleurent nulle part dans le voisinage immédiat, mais cette série se termine par des grès grossiers et des schistes rouges, surmontés au Bosquet des Moitiers d'Allonne par les quartzites du Grès armoricain.

Les schistes de Carteret se placent donc au niveau des schistes du Rosel et de Cherbourg, entre les conglomérats discordants sur le Briovérien et le premier horizon fossilifère de l'Ordovicien, qui est le Grès armoricain, équivalent de l'Arenig. Ils représentent un faciès argileux qui, dans une partie du nord du Cotentin et dans l'ouest de la Zone bocaine, remplace les faciès calcaire et arénacé, surmontant les conglomérats de base dans le Calvados et le Maine. Toute cette série a été classée dans le Cambrien, pour des raisons exclusivement stratigraphiques.

Des bancs calcaires s'intercalent dans les schistes de Carteret; la carrière du Moulin des Douits, à Carteret, où ces calcaires ont été exploités, notamment pour la construction de la gare de Carteret, a été envahie par les dunes; mais ils affleurent sur plusieurs points dans les roches littorales entre Carteret et Portbail. Les ondulations des couches n'ont pas permis d'établir la position que ces calcaires occupent dans la série schisteuse, ni de reconnaître si des calcaires forment plusieurs niveaux.

Les calcaires de Carteret sont en partie organogènes, mais essentiellement oolithiques.

Des lames minces de ces calcaires oolithiques, examinées au microscope, n'ont montré aucune trace de microfaune constituée par des Foraminifères ou des Radiolaires; elles ne montrent non plus aucun débris de Spongiaires ou d'Échinodermes.

---

[1] Séance du 20 avril 1925.

Une variété bréchiforme de ces calcaires renferme de petites masses arrondies, de forme variable, atteignant 4^{mm} à 6^{mm} dans leur plus grande dimension. Au microscope, ces petites masses se montrent constituées par de petits tubes, simples ou dichotomes, à parois très minces, à section circulaire, de $\frac{1}{20}$ de millimètre de diamètre. La nature organique de ces petites masses est incontestable; la couleur brune des parois des tubes permet d'en reconnaître la disposition, mais la cristallisation de la calcite qui les remplit a fait disparaître toute trace de structure, cloisons, planchers ou pores qui ont pu exister. Il est donc impossible de comparer ces organismes à ceux qui ont été signalés dans les calcaires cambriens ou siluriens de diverses régions. Il semble cependant qu'ils ne peuvent être rapprochés ni des *Girvanella* à cause de leur disposition ramifiée, ni des *Solenopora* à cause des petites dimensions des tubes.

Mon attention avait été appelée par la forme en accolade de sections qu'on rencontre dans les calcaires bréchiformes et par leur ressemblance avec les sections transversales de la carapace des Trilobites.

Après des recherches que l'état des affleurements a rendues longues et difficiles, j'ai pu trouver dans les calcaires des rochers littoraux plusieurs fragments de têtes de Trilobites.

Ces Trilobites sont complètement différents de ceux que l'on connaît dans l'Ordovicien de l'ouest de la France. La forme de la glabelle, la disposition de ses sillons, la présence, en avant des joues fixes, d'un bourrelet s'arrêtant contre la glabelle, l'existence d'un limbe frontal large, relevé sur son bord antérieur, la forme des joues mobiles, prolongées par des pointes génales, les épines des plèvres thoraciques, rattachent ces Trilobites à la famille cambrienne des *Conocoryphœidœ*.

Les Trilobites sont associés à des Archæocyathidés, qui forment dans les calcaires de petits buissons et qui paraissent être assez abondants. Les surfaces altérées des calcaires à *Archæocyathus* permettent de reconnaître la disposition générale et la structure caractéristiques de ces Spongiaires primitifs, et de les rapprocher du genre *Coscinocyathus*.

La faune des calcaires cambriens de la région de Carteret s'augmentera sans doute d'autres formes quand il aura été possible d'étudier d'autres organismes trouvés dans ces calcaires.

Mais la constatation de formes aussi caractéristiques que les *Conocoryphaeidœ* et les *Archœocyathidœ* dans les formations du Massif armoricain est si importante que j'ai cru nécessaire de ne pas différer de la faire connaître.

La faune cambrienne n'était connue jusqu'ici en France que dans la Montagne Noire de l'Hérault, où elle a été découverte en 1888 par Jules Bergeron. C'est la première fois qu'elle est rencontrée en Normandie et en Bretagne dans les couches inférieures au Grès armoricain. Les nombreux géologues qui ont exploré avec tant de soin et de détail les plus anciennes formations de l'ouest de la France avaient vainement cherché jusqu'ici les fossiles caractéristiques du Cambrien dans l'épaisse série de couches qu'à la suite d'Edmond Hébert on c assait dans cet étage. L'attribution au Cambrien des assises comprises entre les conglomérats de Clécy et le Grès armoricain se trouve ainsi précisée par des preuves paléontologiques.

D'un point de vue plus général, la constatation de l'existence d'*Archœocyathidœ* dans le Massif armoricain étend encore la vaste répartition de ces remarquables formes cambriennes, décrites d'abord au Canada, puis retrouvées en Écosse, en Espagne, en Sardaigne et en Australie.

PLIS CACHETÉS.

M. E. Estanave demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 23 mars 1908 et inscrit sous le n° 7317.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une *Note sur un procédé de réalisation des photographies intégrales*.

CORRESPONDANCE.

M. E. Brylinski prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Division des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Rabut*.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Mémorial des Sciences mathématiques*. Fascicule II : *Fonctions entières et fonctions méromorphes d'une variable*, par G. Valiron.

2° J. SAIDMAN. *Les rayons ultraviolets en thérapeutique*. (Présenté par M. D. Berthelot.)

3° *Fours électriques et Chimie*, publié sous la direction de PAUL LEBEAU, avec la collaboration de C. BEDEL, A. DAMIENS, P. FLEURY, P. JOLIBOIS, M. PICON, G. RIBAUD, H. WEISS. (Présenté par M. P. Appell.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Fonctions quasi analytiques et fonctions entières d'ordre nul*. Note de M. GASTON JULIA.

On va montrer que, $f(z)$ étant une fonction méromorphe d'une nature très générale, et $\varphi(Z) = \Sigma a_n Z^n$ étant une fonction entière d'ordre nul définie par la croissance de son module, la série $\Sigma a_n f(nz) = F(z)$ définit une fonction quasi analytique, d[ont la] classe dépend de la croissance du module de $\varphi(Z)$, à condition que cette croissance soit assez faible.

1. En supposant la série $F(z)$ indéfiniment dérivable terme à terme, on aura, à l'origine,

$$F^{(p)}(o) = f^{(p)}(o) \times [\Sigma a_n . n^p] = f^{(p)}(o) . \psi^{(p)}(o),$$

en posant

$$\psi(z) = \Sigma a_n e^{nz} = \varphi(e^z).$$

Ceci exige que le rayon de convergence de $\varphi(Z)$ soit $\geqq 1$ et que la série $\Sigma a_n . n^p$ converge pour tout entier p, lorsque ce rayon est $= 1$. Si, pour abréger, l'un des pôles de $f(z)$ est plus voisin que tous les autres de l'origine, on aura $Ap > |f^{(p)}(o)|^{\frac{1}{p}} > Bp$, A et B étant deux constantes positives convenables, et pour que $F(z)$ soit quasi analytique en o, il faudra que l'on ait, pour tout entier p, $|\psi^{(p)}(o)|^{\frac{1}{p}} < \mu(p)$, la série $\sum \frac{1}{p\mu(p)}$ étant divergente, et cette condition suffira. Si, d'autre part, $|\psi^{(p)}(o)|^{\frac{1}{p}}$ ne reste pas borné, il sera certain que $F(z)$ *n'est pas analytique en* o. Pour chaque choix de $\mu(p)$ répondant aux conditions précédentes, on aura une fonction F quasi analytique en o. On se bornera ici au cas le plus simple, en prenant $\mu(p) = c \log p$ (c const.), ce qu'on va dire s'étendant aussitôt aux classes $\log p . \log_2 p$, $\log p . \log_2 p . \log_3 p$, ...

D'abord, $\psi(z)$ *devra être entière*, puisque alors $\sum \frac{\psi^{(p)}(o)}{p!} z^p$ converge quel que soit z. $\varphi(Z)$ *devra donc être entière*. Pour que $|\psi^{(p)}(o)|^{\frac{1}{p}}$ restât borné, il

faudrait que $|\psi(z)| < e^{\alpha|z|}$, pour une certaine constante α et quel que soit z; on en déduirait $|\varphi(Z)| < \beta|Z|^\alpha$ et φ ne pourrait être qu'un polynome. F ne peut être analytique en O que si tous les a_n sont nuls à partir d'un certain rang. Nous écartons ce cas dans la suite.

Écrivant alors $\psi(z) = \Sigma c_p z^p$ on aura $\sqrt[p]{|c_p|} < [\lambda p(\log p)^{-1}]^{-1}$, λ étant constante, et il résulte des travaux de M. Lindelöf sur la liaison entre les coefficients de Taylor d'une fonction entière $\psi(z)$ et le maximum de son module que $|\psi(z)| < e^{cr\log r}$ pour $|z| \leqq r$.

On en déduit aussitôt

$$| \qquad < e^{c'\log R \log_2 R} \qquad \text{pour } |Z| \leqq R$$

[c et c' sont des constantes].

$\varphi(Z)$ est donc une *fonction entière d'ordre nul* par laquelle le maximum $M(R)$ du module pour $|Z| \leqq R$ satisfait à l'inégalité

$$\frac{\log M(R)}{\log R} < c' \log_2 R.$$

Inversement, si $\varphi(Z)$ satisfait à cette inégalité, on aura bien l'inégalité voulue pour c_p. La condition nécessaire est suffisante. $F(z)$, quasi analytique en O, admet O pour point singulier essentiel de Weierstrass.

2. Si, dans un angle d'ouverture 2θ, de bissectrice Ou, $f(z)$ n'a pas de pôle, et si dans cet angle, on a $|f(z)| < Ar^\lambda$ pour $|z| \leqq r$, A et λ constantes entières positives, on peut évaluer une limite supérieure de $F^{(p)}(x)$ sur tout segment Or_0 de Ou, de la manière suivante. On enferme Or_0 dans le contour C_n limité par les deux côtés de l'angle, l'arc d'ouverture 2θ, de centre O, de rayon $r_1 > r_0$ compris entre ces côtés, l'arc de centre O, de rayon $\frac{r_2}{n}$, d'angle au centre $2\pi - 2\theta$, limité aux deux côtés de l'angle, et extérieur à cet angle; on applique la formule de Cauchy à C_n, x étant sur Or_0 (extrémités comprises)

$$\frac{d^p}{dx^p}[f(nx)] = \frac{p!}{2\pi i}\int_{C_n} \frac{f(nz)\,dz}{(z-x)^{p+1}},$$

d'où l'on déduit

$$\left|\frac{d^p}{dx^p}[f(nx)]\right| < A_0 p!\, n^{\lambda+p+1} \frac{1}{r_2^{p+1}(\sin\theta)^{p+1}}$$

et, en sommant,

$$|F^{(p)}(x)|^{\frac{1}{p}} < A_1 p\, |\Psi^{(p+\lambda+1)}(0)|^{\frac{1}{p}} \qquad (A_0 \text{ et } A_1 \text{ constantes positives}),$$

en posant

$$\Psi(z) = \Sigma |a_n| e^{nz} = \Phi(e^z) \quad \text{et} \quad \Phi(Z) = \Sigma |a^n| Z^n.$$

Choisissons la fonction φ de façon que sa majorante Φ satisfasse à l'inégalité (voir n° 1)

$$\log \Phi(R) < C' \log R \log_2 R \qquad (C' \text{ constante});$$

on en déduira

$$|\Psi(z)| < e^{Cr \log r} \quad \text{pour} \quad |z| \leqq r \quad \text{et} \quad |\Psi^{(p)}(o)|^{\frac{1}{p}} < k \log p;$$

d'où

$$|F^{(p)}(x)|^{\frac{1}{p}} < \mathcal{A} p \log p \qquad (\text{quel que soit } x \text{ sur } O r_0).$$

F, *analytique en tout point intérieur à l'angle, non analytique en* O *est quasi analytique sur* $O r_0$ *et de classe* $p \log p$.

3. J'ai pu élargir les hypothèses de 2, soit en supposant Ou limite de pôles de $f(z)$, soit en supposant $|f(z)| < V(r)$, dans l'angle, pour $|z| \leqq r$, $V(r)$ fonction non décroissante positive quelconque de r.

Une analyse analogue à celle de 2 montre, dans cette dernière hypothèse, que si l'on considère $\Phi_1(Z) = \Sigma |a_n| V(nr_2) Z^n$, et si l'on a

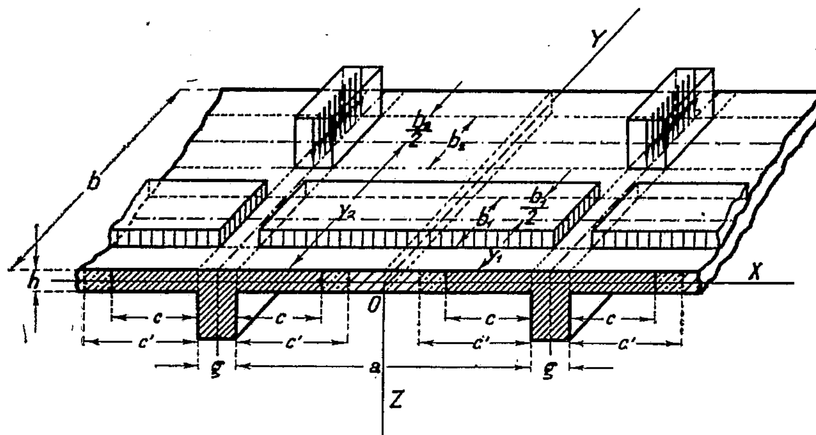
$$\log \Phi_1(R) < K \log R \log_2 R \qquad (K = \text{const.}),$$

$F(x)$ sera quasi analytique sur Or_0 et de classe $p \log p$. A chaque classe quasi analytique correspond une classe de fonctions entières d'ordre nul, définie par la croissance du module.

On peut remarquer que, $f(z)$ étant fixée, $F(z)$ n'est susceptible d'être représentée par $\Sigma a_n f(nz)$ que *d'une seule manière*, car les $F^{(p)}(o)$ déterminent les $\psi^{(p)}(o)$, et par suite $\psi(z)$ et $\varphi(Z)$ d'une manière unique, c'est-à-dire que *les* a_n *sont déterminés d'une manière unique pour une* $F(z)$ *donnée*. La loi de décroissance des a_n résulte de celle qui règle la croissance de $\Phi(R)$ ou $\Phi_1(R)$. *Lorsque* $f(z)$ *est entière*, des circonstances nouvelles surgissent, sur lesquelles on reviendra ailleurs, et qui sont liées à l'étude que M. de la Vallée Poussin a faite des séries de Fourier des fonctions quasi analytiques de variable *réelle*. [Ces séries se présentent ici lorsqu'on fait $f(z) = e^z$.] Mais on ne peut, avec $f(z)$ entière, obtenir des fonctions quasi analytiques de variable *complexe*, car si la série $\Sigma a_n f(nz)$ converge alors uniformément sur un contour, elle converge à l'intérieur et sa somme est analytique. On peut cependant obtenir des fonctions quasi analytiques *sur une droite issue de* O, la série étant convergente et indéfiniment dérivable d'un côté de la droite et sur la droite, divergente de l'autre côté, et représentant du côté de la convergence une fonction holomorphe qui devient quasi analytique sur la droite frontière.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la flexion d'un hourdis nervuré.*
Note de M. **M.-T. Huber**, présentée par M. Mesnager.

Par suite de la liaison intime qui existe entre les nervures et les hourdis, ceux-ci jouent un rôle double : 1° comme plaques soumises à la flexion générale et encastrées par les côtés b dans les nervures constituant une base déformable; 2° comme partie comprimée de la poutre en forme de T, fléchie dans un plan vertical sous la charge symétrique par rapport à ce plan et représentée sur la figure.



Connaissant la distribution des pressions correspondantes, on pourrait compter une largeur c équivalente aux hourdis de chaque côté des nervures, à condition que le travail de la flexion de la poutre fictive en T soit strictement égale au travail effectif de la flexion des nervures et de la compression des hourdis. Nous appellerons $2c$ ($\leqq a$) *la largeur coopérative théorique*. Cette largeur cependant n'est pas identique avec la largeur $2c'$, qu'on devrait prendre en compte dans le calcul pratique des plus grands efforts effectifs en se basant sur les formules des pièces fléchies; car le travail élastique total contient aussi le travail de la flexion générale des hourdis. Nous appellerons $2c'$ *la largeur coopérative pratique*.

Dans la présente Note nous considérerons c comme une donnée et nous indiquerons le moyen de déterminer les flexions des hourdis et des nervures, ce qui amènera d'une façon indirecte à déterminer c'.

L'énergie potentielle de la flexion d'une plaque nervurée de différentes

rigidités de flexion B_1 et B_2 dans les directions X et Y est définie par l'expression

$$(1)\qquad V = \frac{1}{2}\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}}\int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}}\left[B_1\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)^2 + B_2\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)^2 + (B_1\eta_2 + B_2\eta_1)\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\,\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 4C\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x\,\partial y}\right)^2\right]dx\,dy + \frac{1}{2}\int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} B_0\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)^2_{x=\pm\frac{a}{2}} dy.$$

Ici $B_0 = B. + 2ce^2 EA_2$ définit la rigidité de flexion de la poutre en T qui a pour largeur $2c + g$; e est la distance du plan neutre (de la plaque) à l'axe neutre de cette poutre fictive.

Pour la surface élastique nous acceptons suivant la solution trouvée antérieurement dans le cas des côtés b encastrés sur une base plane indéformable l'équation

$$(2)\qquad w = \frac{4gb^4}{\pi^5 B_2}\sum_{n=1,2,3\ldots}\frac{(nb_1y_1)}{n}\left[1 - \frac{\omega_n}{\beta_{an}-\alpha_{an}}\left(\beta\frac{\operatorname{Ch}\frac{nx}{\beta}}{\operatorname{Sh}\frac{na}{2\beta}} - \alpha\frac{\operatorname{Ch}\frac{nx}{\alpha}}{\operatorname{Sh}\frac{na}{2\alpha}}\right)\right]\sin\frac{n\pi y}{b},$$

les coefficients ω_n étant indéterminés. Cette expression, comme on peut s'en convaincre facilement, satisfait aux conditions aux limites, en posant pour abréger

$$(nb_iy_i) = \sin\frac{n\pi}{2}\,\frac{b_i}{b}\sin\frac{n\pi y_i}{b},$$

$$\alpha_{an} = \alpha\coth\frac{na}{2\alpha},\qquad \beta_{an} = \beta\coth\frac{na}{2\beta};$$

$$\left.\begin{matrix}\alpha\\ \beta\end{matrix}\right\} = \frac{b}{\pi\sqrt{B_2}}\sqrt{H\mp\sqrt{H^2 - B_1B_2}};\qquad 2H = B_1\eta_2 + B_2\eta_1 + 4C.$$

Ensuite nous avons déterminé les ω_n par la condition du *minimum* de l'énergie potentielle totale du système considéré sous la forme

$$(3)\qquad \omega_n = \left[\frac{B_0}{B_2} - \frac{(nb_2y_2)}{(nb_1y_1)}\,\frac{g'}{g}\right] : \left[\frac{B_0}{B_2} + \frac{2}{n}\,\frac{\beta^2-\alpha^2}{\beta_{an}-\alpha_{an}}\right].$$

Pour contrôler les résultats, nous avons substitué l'expression (2), avec les valeurs (3) pour ω_n, dans l'équation différentielle de la surface élastique des hourdis :

$$B_1\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2H\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\,\partial y^2} + B_2\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = p(x, y)$$

et nous avons constaté qu'elle convient pour la charge supposée ci-dessus.

Connaissant la surface élastique des hourdis, nous trouverons facilement la répartition des efforts dans le système considéré.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Orkisz (1925 c) faites à l'Observatoire de Besançon, équatorial Coudé.* Note de M. **P. Chofardet**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates 1925.	Temps moyen de Besançon.	$\Delta\mathcal{R}$.	$\Delta\mathcal{P}$.	Nombre de compar.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parollaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parollaxe.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
19 avril..	2.37.20	−1.58,24	+2.49,1	9 : 6	22.42.41,79	$9,677_n$	57.24.57,7	$0,756_n$	1
22 » ..	2.40.24	−1. 7,84	−0.13,9	9 : 6	22.47. 0,78	$9,697_n$	53.35.32,6	$0,727_n$	2
23 » ..	1.32.17	+0. 6,69	+1. 3,8	9 : 6	22.48.28,67	$9,682_n$	52.21.15,0	$0,798_n$	3

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★	Gr.	$\mathcal{R}$ 1925,0.	Réduction au jour.	$\mathcal{P}$ 1925,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1.....	8,5	22.44.40,76	−0.73	57.21.56,7	+11,9	A.G. Leiden 9674
2.....	8,5	22.48. 9,30	−0.68	53.35.34,0	+12,5	A.G. Lund 10919
3.....	8,6	22.48.22,64	−0,66	52.19.58,5	+12,7	A.G. Lund 10922

Remarques. — Le 22 avril 1925, la comète, estimée de 8ᵉ grandeur, a l'aspect d'un amas nébuleux, circulaire, de 5′ de diamètre, avec forte condensation centrale.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *La théorie affine asymétrique du champ électromagnétique et le rayonnement atomique.* Note de M. **H. Eyraud**, présentée par M. Émile Borel.

Nous avons montré (¹) que les grandeurs qui déterminent les états d'un champ électromagnétique et gravifique, recevaient leur interprétation géométrique naturelle dans un espace à connexion affine applicable projectivement et conformément sur un espace de Riemann. Nous nous proposons de montrer que cette théorie du champ n'est pas incompatible avec des

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 127.

postulats de quanta. Faisons subir à l'éther une déformation de Klein ([1]) définie dans un système déterminé de coordonnées par le champ vectoriel infinitésimal ξ^i. On a pour la déformation d'un tenseur quelconque a^i_k

$$(1) \qquad \partial a^i_k = -\frac{\partial a^i_k}{\partial x^r}\xi^r - a^i_r\frac{\partial \xi^r}{\partial x^k} + a^r_k\frac{\partial \xi^i}{\partial x^r}$$

et en particulier pour la déformation de la densité tensorielle d'action $\mathfrak{A}$

$$(2) \qquad \partial\mathfrak{A} = -\frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial x^r}\xi^r - \mathfrak{A}\frac{\partial \xi^r}{\partial x^r} = -\frac{\partial}{\partial x^r}(\mathfrak{A}\xi^r),$$

mais on a par définition même des densités ([2])

$$(3) \qquad \partial\mathfrak{A} = \frac{1}{2}\mathcal{G}^{ik}\,\partial K_{ik} + \frac{1}{2}\mathcal{H}^{ik}\,\partial E_{ik} + \mathfrak{S}^i\,\partial\Lambda_i$$

substituons aux différentielles leurs expressions tirées de (1); il vient

$$(4) \qquad \xi^r\left(\frac{\partial\mathfrak{A}}{\partial x^r} - \frac{1}{2}\mathcal{G}^{ik}\frac{\partial K_{ik}}{\partial x^r} - \frac{1}{2}\mathcal{H}^{ik}\frac{\partial E_{ik}}{\partial x^r} - \mathfrak{S}^i\frac{\partial \Lambda_i}{\partial x_r}\right) + \frac{\partial \xi^p}{\partial x^r}(\mathfrak{A}\varepsilon^r_p - \mathcal{G}^{ir}K_{ip} - \mathcal{H}^{ir}E_{ip} - \mathfrak{S}^r\Lambda_p) = 0,$$

et comme on peut choisir arbitrairement en un point donné ξ^r et $\frac{\partial \xi^p}{\partial x^r}$ les parenthèses sont nulles séparément, si donc on pose

$$(5) \qquad \mathcal{S}^r_p = \mathcal{H}^{ir}E_{ip} - \frac{1}{n}\varepsilon^r_p\mathcal{H}^{ik}E_{ik}$$

pour représenter la densité d'énergie électromagnétique ([3]) il viendra

$$(6) \qquad -\mathcal{S}^r_p = \left(\mathcal{G}^{ir}K_{ip} - \frac{1}{n}\varepsilon^r_p\mathcal{G}^{ik}K_{ik}\right) + \mathfrak{S}^r\Lambda_p - \frac{1}{n}\varepsilon^r_p\mathfrak{S}^i\Lambda_i.$$

Nous avons donné d'autre part une expression de l'énergie totale ([4]), nous pouvons la compléter par un terme cosmologique convenable; nous l'écrivons en changeant son signe

$$(7) \qquad -\mathfrak{T}^r_p = \mathcal{G}^{ir}K_{ip} - \frac{1}{2}\varepsilon^r_p\mathcal{G}^{ik}K_{ik} + \lambda\sqrt{g}\left(\frac{n}{2} - 1\right)\varepsilon^r_p$$

([1]) H. Weyl, *Raum, Zeit, Materie*, 4e édition, § 35, p. 163. — Pauly, *Encykl. der Math. Wiss.*, B. V_2, Heft 4, p. 617 et 765.

([2]) *Comptes rendus, loc. cit.*, éq. (6), (7), (21 *bis*). Dans (21 *bis*) et (19), on peut abandonner le facteur numérique $\frac{1}{2(n-1)}$ qui ne joue aucun rôle essentiel.

([3]) Weyl, *loc. cit.*, § 20, p. 150, éq. (22[1]).

([4]) *Comptes rendus, loc. cit.*, éq. (21).

de manière qu'elle s'annule identiquement en l'absence de manifestation électromagnétique. Cette énergie totale comprend non seulement l'énergie du champ électromagnétique et l'énergie électronique, mais encore une énergie complémentaire

$$(8)\qquad \mathfrak{P}_p^r = \mathfrak{T}_p^r - \mathfrak{S}_p^r - \mathfrak{S}^r \Lambda_p = \varepsilon_p^r \left[\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n} \right) (\mathcal{G}^{ik} K_{ik} - \lambda n \sqrt{g}) - \frac{1}{n} \mathfrak{S}^i \Lambda_i \right]$$

qui ne diffère que par un scalaire multiplicatif de la densité métrique fondamentale. Cette énergie de cohésion disparaît dans un champ électriquement vide; elle existe dès qu'apparaît un champ électromagnétique ou un courant. Dans le cas d'un champ gravifique pur, A ne dépend que des K_{ir} et les équations du champ se réduisent à

$$(9)\qquad K_{ir} = \lambda g_{ir},$$

c'est-à-dire aux équations de gravitation dans un univers vide de constante cosmologique λ. La fonction d'action se réduit, à un facteur constant près, à la racine carrée du déterminant des K_{ir}. Dans le cas général il faudra former le déterminant des éléments

$$K_{ir} + x E_{ir} + y \Lambda_i \Lambda_r;$$

en le développant on aura une forme de degré n en x, y; les coefficients de cette forme seront des carrés de densités tensorielles, il en sera de même de toute combinaison linéaire de ces coefficients. Les racines carrées de ces expressions, qu'on peut encore combiner linéairement entre elles, constituent des fonctions d'action possibles. Choisissons pour fixer les idées

$$(10)\qquad \mathcal{A} = \lambda^{1-\frac{n}{2}} \sqrt{|K_{ik} + E_{ir} + \mu \Lambda_i \Lambda_r|}.$$

Nous pouvons concevoir une infinité d'univers distincts; chacun d'eux sera caractérisé par sa constante cosmologique λ et sa constante électronique μ. Nos connaissances sur la structure granulaire de la matière nous conduisent à introduire un premier postulat.

I. Les constantes caractéristiques $\lambda\mu$ ne peuvent prendre qu'une série discrète de valeurs. L'équation (9) nous suggère que la constante cosmologique du vide doit être extrêmement petite, ou nulle, tandis que les univers atomiques sont au contraire à courbure énorme et correspondent à des λ extrêmement grands. Quant à la constante μ, elle n'est différente de zéro que si l'univers considéré est un électron ou un noyau atomique.

II. Aucun univers, sauf peut-être l'électron et le noyau atomique, n'est

un champ pur déterminé par la fonction (10). Il est sillonné de sous-univers (atomes, sous-atomes, électrons); dès lors l'étude complète d'un univers déterminé exige qu'on ajoute au terme (10) les résidus d'action relatifs aux sous-univers en question. Dans le vide ces résidus d'action se rapportent à la matière et à l'électricité qui jouent alors le rôle de substances étrangères au champ [1]; mais en étendant l'hypothèse à l'intérieur de l'atome et à la série des sous-atomes qui peuvent se trouver emprisonnés les uns dans les autres, on peut concevoir le processus suivant pour le rayonnement atomique.

III. Le rayonnement atomique est caractérisé par une discontinuité de la constante cosmologique, avec continuité des grandeurs d'intensité. Une telle discontinuité correspondrait à une explosion dans le vide d'un atome de rang donné, ou à une soudaine matérialisation d'une portion d'énergie concentrée sur un atome, ou à une somme algébrique de ces processus élémentaires. Au moment d'une explosion le tenseur énergétique

$$K_{ir} - \lambda g_{ir} - \frac{1}{2} g_{ir} g^{pq}(K_{pq} - \lambda g_{pq})$$

se transmet intégralement au vide, et sa composante électromagnétique obéit alors à la loi de propagation dans le vide.

La radioactivité pourrait s'interpréter comme l'explosion dans le vide de l'atome du premier ordre; les atomes du second ordre qu'il contient deviennent alors libres dans le vide; il se pourrait dès lors que la loi de discontinuité de λ, sur laquelle nous ne savons rien, se ramène à une loi statique.

PHYSIQUE. — *Les tensions superficielles; interprétation de la relation d'Eötvös.* Note de M. **Léon Brillouin**, présentée par M. M. Brillouin.

1. Eötvös a indiqué en 1886 une curieuse loi empirique : Si A est la constante capillaire d'un liquide (au contact de sa vapeur), et V_m le volume moléculaire, le produit $-\frac{\partial A}{\partial T} V_m^{\frac{2}{3}}$ est une constante; pour des liquides très variés, la valeur de cette constante est comprise entre 2,1 et 2,25 C. G. S.

(1) Weyl, *loc. cit.*, § 26, p. 194.

Les recherches théoriques faites jusqu'à présent [1] pour interpréter cette loi ne sont guère satisfaisantes.

Cet insuccès tient à ce que l'on n'a pas su comment analyser l'agitation thermique des molécules de la couche superficielle. On ne peut considérer l'une de ces molécules isolément, mais on doit tenir compte des réactions mutuelles entre molécules voisines. Dès qu'on déplace une molécule, on crée une onde superficielle qui se propage en tous sens. Si l'on veut analyser le mouvement d'agitation de la surface, c'est en ondes de capillarité qu'il faut le décomposer, tandis que les ondes de compression (se propageant avec la vitesse du son) représentent l'agitation interne du liquide.

La vitesse de propagation W des ondes de capillarité augmente avec fréquence; la théorie élémentaire, qui suppose les deux milieux incompressibles, conduit à l'expression

$$W=\left(\frac{2\pi A\nu}{\rho_1+\rho_2}\right)^{\frac{1}{3}}, \tag{1}$$

ρ_1 et ρ_2 étant les densités du liquide (1) et de la vapeur (2).

Une théorie plus complète, tenant compte des compressibilités, montre que la formule (1) est applicable tant que la vitesse W est notablement inférieure aux vitesses du son V_1 et V_2 dans les deux milieux; la formule rigoureuse conduit à une vitesse qui, pour les très grandes fréquences, tendrait asymptotiquement vers la plus petite des vitesses V_1 et V_2, c'est-à-dire V_2; nous serons, d'ailleurs, conduits à introduire une limitation des fréquences (§ 2) qui interviendra avant que la formule (1) cesse d'être valable; il ne pourrait y avoir un écart notable qu'au voisinage du point critique, et l'on sait que la formule d'Eötvös cesse alors d'être applicable.

Ces ondes de capillarité mettent en mouvement les molécules superficielles et celles de l'intérieur du liquide, mais on vérifie que la pénétration est très faible aux hautes fréquences; pour la presque totalité du spectre de fréquences que nous envisagerons, la pénétration est inférieure à la distance moléculaire.

2. Soit S_m la surface occupée par une molécule-gramme du liquide, répandue sous forme de couche monomoléculaire; le nombre de molécules par unité de surface est $\frac{N}{S_m}$, N étant le nombre d'Avogadro; chaque

[1] En dehors de travaux anciens (Eötvös, Ramsay, Verschaffelt, etc.) il faut citer deux articles de Madelung, puis M. Born et R. Courant (*Phys. Zeits.*, 14, 1913, p. 729 et 731).

molécule ayant 3 degrés de liberté, nous aurons $\frac{3N}{S_m}$ degrés de liberté par unité de surface.

Appliquant à ce problème la méthode indiquée par Debye [1] nous limiterons les fréquences du côté des hautes fréquences de manière à obtenir ce même nombre de degrés de liberté; chacun d'eux prend, à la température ordinaire, une énergie kT, et l'énergie d'agitation thermique par unité de surface est

$$\varepsilon = \frac{3N}{S_m} kT = \frac{3RT}{S_m}. \tag{2}$$

Cette énergie est répartie entre les ondes de capillarité qui représentent l'agitation moléculaire superficielle, et dont les fréquences vont de o à une certaine limite supérieure ν_e, avec accumulation vers la limite ν_e. Ces ondes exercent, sur une ligne limitant la surface libre, une sorte de pression de radiation; l'effort exercé, par unité de longueur de la ligne, et pour des ondes complètement diffusées, est

$$\varpi = \frac{W_g}{W}\frac{\varepsilon}{2} = \frac{3}{4}\varepsilon, \tag{3}$$

W_g représente la vitesse de groupe $\frac{d\nu}{d\left(\frac{\nu}{W}\right)}$; la formule (1) donne $W_g = \frac{3}{2}W$.

L'effort de radiation ainsi obtenu vient diminuer la tension superficielle statique A_0, telle qu'on l'obtiendrait en l'absence de toute agitation thermique; le coefficient de tension superficielle, à la température T, sera donc

$$A_T = A_0 - \frac{3}{4}\varepsilon = A_0 - \frac{9R}{4S_m}T. \tag{4}$$

Nous arrivons à la relation suivante

$$-\frac{\partial A}{\partial T} S_m = \frac{9}{4} R = \text{const.} \tag{5}$$

qui ressemble de très près à la loi d'Eötvös.

3. Pour préciser la comparaison, appelons d la distance moyenne des molécules dans le liquide, définie par la relation $Nd^3 = v_m$.

Soit δ la distance moyenne des molécules qui composent la couche superficielle monomoléculaire, définie par la condition $N\delta^2 = S_m$.

---

[1] P. Debye, *Ann. der Phys.*, 39, 1912, p. 798.

Si nous admettons que ces deux distances d et δ sont égales, nous obtenons la condition

$$d = \delta, \qquad S_m = N^{\frac{1}{3}} v_m^{\frac{2}{3}}.$$

La relation (5) s'écrit alors

$$(6) \qquad -\frac{\partial A}{\partial T} v_m^{\frac{2}{3}} = \frac{9}{4} R N^{-\frac{1}{3}}.$$

Admettons les valeurs numériques $R = 8{,}31 . 10^7$ et $N = 61 . 10^{22}$, nous trouvons, pour le coefficient numérique de la formule (6), la valeur 2,2, en parfaite concordance avec les nombres expérimentaux. Ce résultat ne peut être qu'approché, mais il montre que les hypothèses faites sont admissibles et, en particulier, que l'on peut considérer la couche superficielle comme monomoléculaire, les distances des molécules dans cette couche différant très peu des distances au sein du liquide; la distance moyenne de la couche superficielle à la seconde couche de molécules peut être notablement différente, et n'intervient pas dans le calcul.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le potentiel explosif dans l'anhydride carbonique aux pressions élevées.* Note (1) de MM. **C.-E. Guye**, **P. Mercier** et **J.-J. Weiglé**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Nous présentons dans cette Note les chiffres définitifs qui résultent d'un ensemble de déterminations expérimentales que nous avons effectuées depuis plusieurs années sur le potentiel explosif dans l'anhydride carbonique aux pressions élevées.

Toutes les données qui figurent dans le tableau ci-après sont réduites à une même température (24°), et cela en faisant subir aux chiffres expérimentaux une petite correction par application de la loi de Paschen; elles sont en outre relatives au cas où le champ peut être envisagé comme uniforme, par élimination de la perturbation résultant de l'inégale répartition des ions entre les électrodes.

---

(1) Séance du 2 avril 1925.

Électrodes hémisphériques en cuivre de 15^{mm} de diamètre (ionisation accessoire par rayons X).

V = potentiel explosif en volts;

d = distance explosive en millimètres;

p = pression en atmosphères;

δ = densité de CO^2 (la densité à 0° et 1^{atm} étant prise pour unité);

pd et δd, produits de la distance explosive respectivement par la pression et la densité.

d.	p.	pd.	δ.	δd.	V.
0,5	10	5,00	9,75	4,87	14275
0,5	15	7,50	15,05	7,52	20000
0,5	20	10,00	20,7	10,35	25450
0,5	25	12,50	26,8	13,4	30600
0,5	30	15,00	33,3	16,65	35800
0,5	35	17,50	40,6	20,3	40900
0,5	40	20,00	48,7	24,35	46025
1	5	5,00	4,75	4,75	14800
1	10	10,00	9,75	9,75	25950
1	15	15,00	15,05	15,05	36850
1	20	20,00	20,70	20,70	47725
2	1	2,00	0,92	1,84	7100
2	2	4,00	1,9	3,8	11800
2	3	6,00	2,85	5,7	16000
2	4	8,00	3,8	7,6	20100
2	5	10,00	4,75	9,5	24200
2	6	12,00	5,75	11,5	28400
2	8	16,00	7,7	15,4	37150
2	10	20,00	9,75	19,5	45700
2	12	24,00	11,85	23,7	54300
3	1	3,00	0,92	2,76	10025
3	2	6,00	1,9	5,7	16850
3	3	9,00	2,85	8,55	22825
3	4	12,00	3,8	11,4	28750
3	5	15,00	4,75	14,25	35100
3	6	18,00	5,75	17,25	41450
3	8	24,00	7,7	23,1	54000
4	1	4,00	0,92	3,68	12525
4	2	8,00	1,9	7,6	21125
4	3	12,00	2,85	11,4	29550
4	4	16,00	3,8	15,2	38025
4	5	20,00	4,75	19,0	46300
4	6	24,00	5,75	23,0	54800
5	1	5,00	0,92	4,6	14525
5	2	10,00	1,9	9,5	25050
5	3	15,00	2,85	14,25	35500
5	4	20,00	3,8	19,0	45900
5	5	25,00	4,75	23,75	56350

Nous ne revenons pas ici sur les considérations théoriques relatives au champ moléculaire et au champ de choc qui ont été exposées ailleurs et seront développées ultérieurement dans un Mémoire d'ensemble.

MAGNÉTISME. — *Sur une anisotropie magnétique artificielle du nickel. Les grands phénomènes de discontinuité.* Note de M. **R. Forrer.**

En recevant dans un téléphone les courants induits produits par l'aimantation progressive d'une substance, amplifiés au moyen de lampes triodes, Barkhausen ([1]) a découvert les discontinuités de l'aimantation. Van der Pol ([2]) a compté pour un échantillon de fer 6500, et pour un ferronickel 5000 de ces discontinuités par centimètre cube, toutes du même ordre de grandeur. En outre, il a reconnu que le nickel permet d'entendre, même sans amplificateur, des discontinuités bien distinctes.

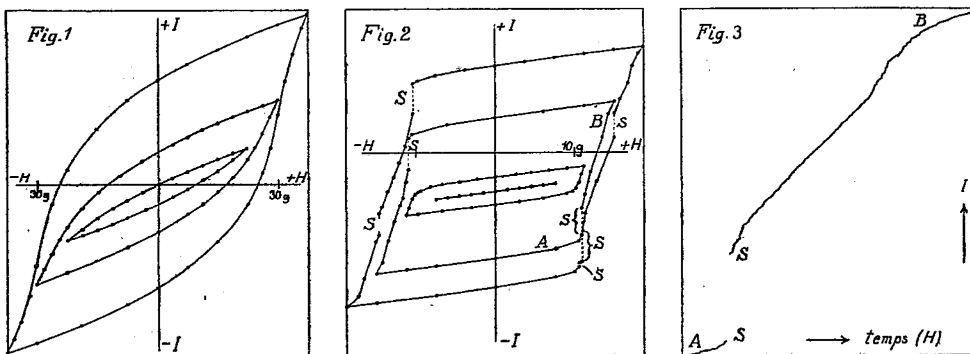
J'ai répété cette expérience sans amplificateur et ai constaté à mon tour qu'on entend au téléphone les discontinuités de l'aimantation d'un fil de nickel ordinaire. Par contre, avec le même fil étiré, les chocs ont presque complètement disparu. Mais si l'on courbe et redresse ce fil étiré, les discontinuités réapparaissent et sont mêmes *beaucoup plus fortes* que pour le fil à l'état primitif.

Pour voir si cette grande différence acoustique entre le nickel étiré et le nickel étiré et courbé s'exprime aussi par la courbe d'aimantation, j'ai relevé les cycles avec un magnétomètre. Les figures 1 et 2 donnent les cycles déterminés par points pour deux échantillons caractéristiques, dans diverses limites du champ. Le cycle du nickel étiré jusqu'à la rupture (*fig.* 1) est très large, mais ne présente aucune irrégularité. Dans celui du nickel étiré, courbé (autour d'un cylindre de 9^{mm}) et redressé (*fig.* 2) on rencontre aux points S une variation brusque de l'aimantation d'une grandeur inattendue (une fraction importante de l'aimantation maxima).

J'ai déterminé à plus grande échelle la partie caractéristique AB (*fig.* 2) de ces courbes au moyen d'un magnétomètre à indication rapide (d'oscillation simple $0^s,1$, amortissement critique). La variation progressive du champ magnétisant est obtenue par le refroidissement d'une bobine de fil de fer préalablement chauffée, placée dans le circuit du courant magné-

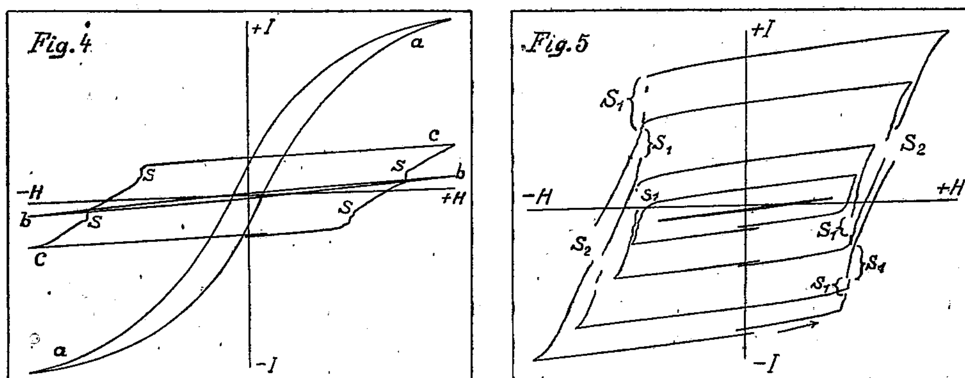
([1]) *Physik. Zeitschr.*, 20, 1919, p. 401.
([2]) *Proc. Akad. Amsterdam*, 23, 1920, p. 637.

tisant. Un point lumineux trace la courbe sur du papier photographique. Le résultat (*fig.* 3, copie de la photographie) confirme le caractère singulier de ce nouvel état du nickel : l'aimantation varie d'une façon très irrégulière,



par échelons, et au commencement de la partie ascendante, en SS (*fig.* 3), il y a un saut si brusque que le point lumineux n'a pas le temps de marquer.

Pour étudier exactement le cycle tout entier j'ai modifié les appareils de manière à donner les abscisses par un ampèremètre mesurant le courant magnétisant. Les variations du champ sont obtenues au moyen d'un inverseur à liquide entraîné par un mouvement d'horlogerie faisant un tour en 58 secondes.



L'axe des abscisses H et l'axe des ordonnées I sont tracés par l'appareil ne contenant pas de substance, ou avec la substance, mais l'ampèremètre étant au zéro.

Dans la figure 4 le point lumineux a tracé, dans les mêmes limites de champ (environ ± 20 g), les courbes d'aimantation du nickel recuit (*a*), du nickel étiré à la rupture (*b*) (le champ coercitif étant très grand, le petit cycle est presque réversible) et du nickel, courbé et redressé (*c*). On aperçoit deux grands sauts S qui se retrouvent sur l'autre branche de courbe.

La figure 5 donne les cycles de ce fil dans différentes limites de champ. L'aimantation dans le plus petit cycle est réversible avec une grande approximation. Dans le troisième cycle un saut S_1 est apparu. Ce saut se retrouve dans les deux plus grands cycles, mais il s'y ajoute un deuxième saut S_2.

Remarque importante : pendant un grand saut S le champ extérieur ne varie pas, mais le champ démagnétisant (assez important pour un échantillon de $l = 50^{mm}$, $d = 1^{mm}$) augmente. L'accroissement brusque de l'aimantation se fait *malgré la décroissance du champ*. Cela explique pourquoi les grands sauts sont relativement plus petits, pour les fils de grand diamètre à longueur égale, propriété qui a été établie par d'autres expériences.

Les propriétés spéciales du nickel étiré, courbé et redressé sont persistantes; après quelques semaines les cycles n'ont pas changé. Si l'on chauffe pendant quelques secondes à une température supérieure à 1000° les cycles deviennent ceux du nickel recuit ordinaire (*fig.* 4, *a*). Des recuits systématiques de quelques minutes jusqu'à 100°, 200°, etc. ont montré qu'aucune propriété ne change jusqu'à 500°. On peut donc étudier ce nickel spécial jusqu'au Point de Curie situé à 358°. Entre 500° et 700° les grands phénomènes S disparaissent progressivement. Un recuit à 720° environ transforme les propriétés dans celles du nickel recuit. Il se produit sans doute à cette température un réarrangement du réseau cristallin.

Des recherches systématiques m'ont conduit en outre à la découverte d'un état du nickel doué de propriétés magnétiques particulièrement simples.

OPTIQUE. — *Contribution à la réalisation de la photographie intégrale.* Note de M. E. ESTANAVE, présentée par M. A. Cotton.

G. Lippmann a posé le principe d'une nouvelle plaque photographique ayant la propriété d'enregistrer elle-même des images en grand nombre du sujet à photographier et de donner à l'observation directe, par transparence, la représentation du sujet, avec son relief et aussi avec les variations

d'aspect que l'on obtiendrait en déplaçant la tête devant le sujet lui-même ([1]). Pour prendre sa propre comparaison, le sujet doit apparaître derrière la plaque comme si on l'observait à travers une lucarne dont les bords de la plaque constitueraient l'embrasure.

En raison du mode de constitution de l'image observée, à l'aide des nombreux éléments empruntés aux diverses images microscopiques enregistrées, cette plaque idéale avait reçu le nom de plaque « intégrale ».

Je me suis proposé dans cette Note d'indiquer une réalisation *expérimentale* du problème que pose la plaque intégrale : Obtenir la vision d'une photographie unique résultant de la vision simultanée d'éléments de plusieurs photographies, chacune enregistrée par un objectif distinct, et présentant les divers caractères signalés ci-dessus.

Comme je l'indiquais en 1908 ([2]), j'ai constitué un assemblage de 56 loupes stanhopes juxtaposées. Chacune de ces loupes a un foyer d'environ 9^{mm}, et une base carrée de 3^{mm} de côté, qui est le plan focal de la lentille.

Ces loupes sont assemblées par leurs faces latérales et constituent un bloc dont la face antérieure est formée par les portions lenticulaires, la face postérieure du bloc, étant plane, est constituée par les faces planes de chaque loupe.

Chacune d'elles, noircie sur les faces latérales et convenablement diaphragmée, est une petite chambre photographique.

J'ai appliqué sur la surface plane du bloc une plaque photographique ordinaire et après avoir découvert la face antérieure du bloc devant le sujet à photographier, j'ai enregistré sur la plaque 56 images du sujet. Ces images négatives, développées et fixées par la méthode ordinaire, constituent un *damier* de 56 cases carrées.

En reportant cette plaque contre la face postérieure du bloc, dans la position exacte qu'elle avait dans le tirage, en regardant par transparence du côté lenticulaire des loupes, on observe une image *unique* qui paraît localisée derrière la plaque et se déplace soit par rapport aux bords de la plaque, soit par rapport à l'image d'objets situés à des distances différentes, suivant l'orientation de l'œil.

([1]) *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 446-451.

([2]) Pli cacheté enregistré par l'Académie le 23 mars 1908, n° 7317. [Ce pli a été ouvert dans la présente séance (p. 1239) et son contenu a été reconnu conforme au texte de la Note ci-dessus. E. P.]

L'œil puise dans chacune des loupes l'élément de l'image complète placée derrière qui lui est nécessaire pour constituer *par raccordement* l'image unique qui apparaît alors derrière la plaque en grandeur naturelle.

En outre on peut, en éclairant la plaque par le recto, retrouver en projection sur un écran l'image unique du modèle photographié. Les diverses images données par les loupes se superposent sans confusion sur l'écran et reconstituent le sujet. En obturant quelques-unes des loupes et laissant travailler les autres, on retrouve encore l'image sur l'écran. Il en résulte que le bloc des loupes fonctionne comme un objectif unique.

Je signalerai en terminant que le bloc des loupes constitue non seulement une vérification expérimentale de la propriété fondamentale de la plaque intégrale, mais rappelle aussi d'une façon encore bien grossière, il est vrai, l'œil de l'insecte dont il était question dans la Communication de G. Lippmann. J'en ai d'ailleurs obtenu une réalisation plus parfaite en prenant des loupes cylindriques de plus petites dimensions. L'objectif ainsi constitué a une circonférence de $1^{cm},5$ de rayon et contient 95 de ces loupes.

PHYSIQUE. — *Sur les rayons bêta produits dans l'air par des rayons X homogènes de courte longueur d'onde*. Note de M. **H. Ikeuti**, présentée par M. M. de Broglie.

L'appareil employé était une chambre à détente de Wilson de 12^{cm} de diamètre et $3^{cm},9$ de hauteur, munie des perfectionnements apportés par M. Auger. Un tube Coolidge à anticathode de tungstène, immergé dans l'huile et contenu dans une boîte de plomb de 2^{cm} d'épaisseur, était excité par une bobine d'induction pouvant donner 40^{cm} d'étincelle. Un faisceau de rayons X issu de cette ampoule tombait normalement sur un cristal de sel gemme de 6^{mm} d'épaisseur; un système convenable de fentes et d'écrans permettant d'isoler une radiation approximativement monochromatique contenant les rayons K du tungstène; la chambre contenait de l'air atmosphérique, qui subissait une détente de 1,34 en partant d'une température d'environ 18°.

Dans ces conditions, de nombreuses photographies stéréoscopiques ont été obtenues et leur examen a donné lieu aux conclusions suivantes :

Longueur des trajectoires. — Les rayons bêta sont de deux types très nettement différents, des électrons à grande vitesse provenant de l'effet photoélectrique normal (photo-électrons) et des électrons à faible vitesse désignés par C.-T.-R. Wilson, sous le nom de fish tracks et sphère tracks.

Trajectoires des photo-électrons. — La moyenne des longueurs des trajectoires obtenues avec des rayons X de longueur d'onde 0,21 U. Å., dans l'air à la pression finale de 570^{mm} de mercure, était de 76^{mm}, ce qui, toutes corrections faites, conduit à un nombre compris entre 57 et 65^{mm} à 18° C. et 760^{mm} de mercure. La loi de Whiddington extrapolée à partir des données de Wilson indique une valeur un peu supérieure atteignant 67^{mm}.

Trajectoires des électrons à faible vitesse. — Toujours avec $\lambda = 0,21$ U.Å., la longueur maxima des fish tracks était comprise entre $3^{mm},3$ et $3^{mm},7$. Wilson avait obtenu des valeurs maxima de fish tracks égales à $0^{mm},4$ et $1^{mm},5$ produites en même temps que des photos-électrons de $1^{cm},5$ et 3^{cm}. Si ces petites trajectoires étaient dues à l'émission d'électrons provenant d'un anneau J de l'atome d'un même constituant de l'air, la différence d'énergie de ces petites trajectoires devrait être égale à la différence des quanta d'énergie des radiations primaires.

En employant les données de Wilson et la loi de Whiddington on obtient, pour les trajectoires citées plus haut, environ 4000, 8000 et 12000 volts, tandis que les radiations primaires équivalent à 25000, 36000 et 59000 volts, les différences d'énergie des trajectoires ne correspondent donc pas aux différences de quanta des rayons excitateurs. Les fish tracks ne paraissent donc pas dues à des électrons J, mais à un nouveau type de radiation, résultat auquel sont déjà arrivés Wilson, Bothe et d'autres auteurs.

A. H. Compton a donné une formule pour calculer l'énergie des électrons de recul provenant de la diffusion des rayons X. On peut ainsi calculer, pour la longueur maxima des trajectoires de recul correspondant à $\lambda = 0,21$ U.Å., une valeur de $2^{mm},9$, un peu inférieure à celle que j'ai trouvée expérimentalement.

Les longueurs des trajectoires de recul calculées par l'expression de Compton donnent des valeurs plus petites que celles trouvées par Wilson dans le cas de ses expériences; mais, comme je l'ai indiqué plus haut, la portée des photo-électrons excités par des rayons de $\lambda = 0,21$ U.Å. est aussi plus petite que la valeur calculée en extrapolant la loi de Whiddington; en modifiant la loi de Whiddington par l'attribution à la vitesse d'un exposant un peu inférieur à 4 on obtient une meilleure concordance expérimentale à la fois pour les fish tracks et les photo-électrons correspondant à $\lambda = 0,21$ U.Å.

Longueur des trajectoires de recul correspondant à un angle initial θ *avec la direction des rayons excitateurs.* — A partir d'une expression donnée par

Compton, on peut obtenir, pour $\lambda = 0,2$ U. Å.,

$$E_m = E(1 + 1,01 \tan^2\theta)$$

comme relation entre l'énergie maxima E_m et l'énergie E d'un électron de recul projeté initialement sous un angle θ. Mes expériences vérifient approximativement cette loi, mais il y a cependant quelques trajectoires auxquelles elle ne convient certainement pas : par exemple, j'ai observé une trajectoire de 3^{mm} avec un angle θ de 40° et cela donnerait environ 8^{mm} pour la longueur maxima.

Rapport des nombres des électrons de recul et des photo-électrons. — Si les petites trajectoires (sphere et fish tracks) sont bien dues au recul des électrons de diffusion, on doit obtenir le rapport des coefficients d'absorption par diffusion et par fluorescence en prenant le rapport des nombres des petites et des grandes trajectoires. Les données de Hewlett assignent au rapport de l'absorption par diffusion et par fluorescence le rapport 11,0, pour l'air la longueur d'onde 0,21 U. Å. En comptant environ 1500 trajectoires j'ai obtenu la même valeur 11,0 comme rapport des nombres des petites et des grandes trajectoires. Comme la correspondance est également bonne dans le cas des expériences de Wilson pour $\lambda = 0,5$ et $\lambda = 0,3$ U. Å. il se confirme que les petites trajectoires sont dues au recul des électrons de diffusion.

Rapport des nombres des sphere tracks et des fish tracks. — En admettant la théorie de Compton et en regardant comme sphère stracks les trajectoires de moins de $0^{mm},2$ on peut calculer, pour ce rapport, une valeur de 1,3; mes expériences m'ont fourni 1,1.

Enfin j'ai obtenu quelques paires de fish tracks partant des mêmes points et faisant approximativement un angle droit. Une seule trajectoire de 2^{mm} correspondait à un angle θ voisin de 90° et paraissait même légèrement dirigée en arrière par rapport à la propagation des rayons primitifs.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'ionisation de la vapeur de potassium sous l'influence de la lumière visible.* Note de M. **Albert Arnulf**, présentée par M. A. Cotton.

Une ampoule A de verre contient un filament de tungstène, et une plaque plane de 4^{cm^2} environ de surface, placée à 2^{cm} environ du filament.

L'ampoule A est purgée de ses gaz et vidée au moyen d'une trompe à mercure, fonctionnant pendant toute la durée des expériences. La vapeur de mercure n'est pas éliminée. On a soudé latéralement sur le tube d'évacuation une petite ampoule B contenant du potassium, dont on distille une petite quantité dans l'ampoule A.

Au moyen d'une batterie de piles, on établit une différence de potentiel entre une des extrémités du filament et la plaque, cette dernière étant portée à un potentiel positif par rapport au filament. Un microampèremètre est intercalé dans ce circuit.

Lorsque le filament est chauffé au blanc par un accumulateur de 4 volts, on constate le passage d'un courant électronique d'intensité I_1. Si à ce moment on projette à l'intérieur de l'ampoule, en un point quelconque, l'image du filament d'une lampe à incandescence S (lampe à atmosphère gazeuse, 50 bougies), le courant de plaque prend une valeur I_2, plus grande que I_1. La lumière projetée a traversé 6^{cm} d'épaisseur de lentilles, et contient par conséquent très peu d'ultraviolet.

Nous allons résumer brièvement quelques expériences caractéristiques, qui montrent bien l'importance numérique du phénomène.

Expérience I. — Le chauffage du filament est constant, l'image de S est réglée à l'intérieur de l'ampoule et peut être masquée à volonté par un écran. On fait varier la différence de potentiel V entre le filament et la plaque. V est exprimé en volts, I_1 et I_2 en microampères. $\Delta I = I_2 - I_1$.

V....	110	86	64	41,5	28	14	7	3	1,3
I_1....	650	458	298	161	83,0	33,0	18,9	13,2	11,3
I_2....	826	552	348	188	96,9	38,3	21,8	15,0	12,9
$\frac{\Delta I}{I_1}$...	0,271	0,203	0,168	0,168	0,167	0,160	0,153	0,136	0,142

Pour V = 3 et V = 1,3, on ne connaît ΔI qu'à $\frac{1}{10}$ en valeur relative, ce qui explique l'anomalie présentée pour V = 1,3.

Expérience II. — On change le sens de la différence de potentiel entre le filament et la plaque, le filament restant chauffé. Étant chargé positivement par rapport à la plaque, il n'émet pas d'électrons. Chauffage identique à celui de l'expérience précédente; V = 134 volts. Dans ces conditions on n'observe pas la moindre déviation de l'aiguille du microampèremètre, lorsqu'on masque ou démasque la source S.

Expérience III. — Plaque positive par rapport au filament. I_1 = 83 microampères, V = 28 volts. On projette l'image de la source dans différentes

régions de l'ampoule, l'axe du faisceau lumineux étant à peu près normal à la ligne qui joint le centre de la plaque au milieu du filament. Lorsqu'on déplace le faisceau parallèlement à lui-même, ΔI décroît lorsqu'on va de la plaque au filament puis au delà du filament.

Au voisinage de la plaque....................	ΔI = 12,9 mA
Au milieu environ de l'espace filament-plaque..	ΔI = 11,2
Au voisinage du filament	ΔI = 9,0
Au delà du filament............................	ΔI = 6,9

Interprétation du phénomène. — L'étude des courbes déduites des expériences, dont j'ai cité les plus caractéristiques, conduit à l'interprétation suivante.

Le filament de l'ampoule A échauffe le potassium et le vaporise lentement, ainsi qu'on le constate facilement par l'expérience. Il y a donc dans l'ampoule de la vapeur de potassium sous une pression très faible. D'autre part, le flux d'électrons se déplaçant du filament à la plaque crée dans l'ampoule une forte charge spatiale négative, qui empêche le courant thermionique d'atteindre la saturation. Projetons alors l'image de la lampe S à l'intérieur de l'ampoule. La lumière visible rencontrant des atomes de potassium leur arrache un électron. Autrement dit, *la vapeur de potassium s'ionise* sous l'influence de la lumière visible mettant en liberté un petit nombre d'électrons et d'ions positifs. L'augmentation du courant dû au transport des électrons est complètement négligeable, comme le montre l'expérience II, et encore, dans ce cas, l'effet de surface du potassium solide s'ajoute à l'effet en volume. Le courant transporté par les ions positifs, beaucoup plus lents que les électrons à cause de leur masse, sera négligeable *a fortiori*. L'augmentation considérable du courant électronique constatée dans nos expériences est due à l'accumulation dans l'ampoule de ces ions positifs lents, jusqu'au moment où la somme du nombre par seconde d'ions recombinés d'une part et du nombre par seconde d'ions atteignant le filament et ses supports d'autre part, soit égale au nombre d'ions formés par seconde par l'ionisation sous l'influence de la lumière. Il se produit de ce fait une charge spatiale positive relativement forte qui neutralise en partie la charge spatiale négative due aux électrons, diminue ainsi leur répulsion mutuelle, ce qui permet à un plus grand nombre d'électrons issus du filament d'atteindre la plaque.

Il en résulte qu'un faisceau étroit de lumière traversant l'ampoule entre le filament et la plaque dans les conditions de l'expérience III produira des effets différents pour différentes distances au filament. En effet, le nombre d'ions positifs présents au même instant entre le filament et la plaque sera d'autant plus grand que la distance du pinceau ionisant au filament sera elle-même plus grande.

Nous n'avons pas tenu compte du filament incandescent de l'ampoule A. Il agira intégralement et produira sur la vapeur de potassium, particulièrement par son rayonnement ultraviolet, un effet beaucoup plus intense que l'image de la source S. En l'absence de cette dernière, on observera non la courbe d'émission thermionique pure, mais une courbe qui croît plus rapidement.

Les effets observés ne peuvent pas être attribués à l'effet d'une couche de potassium solide déposée sur la plaque, puisque la plaque est chargée positivement. Sinon, il faudrait admettre que, sous l'influence de la lumière visible, une couche de potassium électrisée positivement est capable d'émettre des ions positifs. Un tel phénomène n'a jamais été observé. On ne peut pas envisager non plus l'émission d'électrons par des dépôts de potassium isolés sur les parois de verre et chargés négativement, ou par des dépôts formés sur les supports du filament. En admettant qu'un tel effet se produise, nous avons vu que l'augmentation de courant due aux électrons ainsi mis en liberté est complètement négligeable devant la variation de courant due aux ions positifs.

PHYSIQUE. — *Le « Bertillonnage » des tableaux modernes par la radiographie.* Note [1] de M. **Roger Grandgérard**, présentée par M. d'Arsonval.

La plupart des œuvres picturales contemporaines possèdent dans leur support une marque distinctive, un filigrane plus caractéristique encore que celle du papier monnaie : c'est *le quadrillage irrégulier de la toile ou la zébrure du panneau de bois ;* existe aussi un moyen sûr de faire apparaître cette trame invisible extérieurement et de la superposer par transparence au motif qui la revêt : c'est *la radiographie.*

Nous n'avons pas connaissance que, dans les travaux sur la radiographie des tableaux, Parenty, Faber, le Dr Heilbronn et Beets, J. Ropiquet, Gouineau et enfin le Dr Chéron eussent envisagé l'utilisation des rayons X pour *prévenir* les fraudes dont les œuvres modernes pourraient être l'objet dans l'avenir ; aussi avons-nous pensé qu'il pouvait être de quelque intérêt d'exposer nos idées sur cette question bien spéciale.

La comparaison de la radiographie avec la photographie d'un même tableau permet de se rendre compte, mieux que par une description, des innombrables et délicats détails supplémentaires apportés par la pénétration des rayons de Röntgen. Aux caractères distinctifs extérieurs du tableau s'est jointe, par la révélation de la texture de la toile ou des fibres ligneuses du panneau, son anatomie individuelle interne et, si l'on observe la complication des rapports existant entre ces images connexes, si l'on envisage d'autre part que ces rapports résultent de la superposition de plans adhé-

(1) Séance du 20 avril 1925.

rant intimement les uns aux autres, on est obligé de reconnaître qu'ils confèrent au document radiographique des signes certains d'identité, mensurables et inimitables.

Ainsi donc, pour nous, le cliché radiographique d'un tableau moderne original pourrait, dans l'avenir, permettre, à lui seul, d'établir, par sa confrontation avec le cliché radiographique d'une peinture d'apparence extérieure exactement semblable, la preuve irréfutable de l'authenticité ou de la falsification.

Comment utiliser pratiquement, en vue d'expertises futures, ce facteur de certitude?

1° Prise des clichés originaux :

a. Choix du matériel. — Les films ou pellicules sensibles à double émulsion doivent être employés de préférence parce qu'ils sont incassables, légers, minces, donnent de fort belles épreuves, permettent l'obtention simultanée de plusieurs clichés identiques et le tirage direct d'épreuves non inversées et, enfin, que leur conservation est très longue.

L'appareillage radiologique doit permettre l'emploi de rayons peu pénétrants.

b. Technique. — Nous avons suivi celle de Chéron : la surface peinte tournée vers le film enveloppé de papier aiguille; l'anticathode à 60^{cm} au-dessus de la pellicule; l'intensité égale à deux millis, sans écran, avec 4^{cm} d'étincelle équivalente. (En raison de la plus grande sensibilité des films à double émulsion, nous avons réduit le temps de pose à 96 secondes au lieu des deux minutes indiquées par Chéron.)

Le format 18×24 nous paraît donner des indications suffisantes pour une figure en demi-grandeur. Pour un tableau de grandes dimensions, des clichés de plusieurs endroits peuvent être pris : figures, mains, signature, etc. En raison du contact presque parfait, l'image radiographique est, très sensiblement, en grandeur réelle.

Certains tableaux, peints sur cartons, ne donneraient pas, sur le cliché, de filigrane appréciable; l'artiste peut remédier à cet inconvénient en traçant au verso du carton un enchevêtrement de traits espacés ou une large signature à l'aide d'un pinceau trempé dans une couleur très opaque aux rayons X comme la céruse (carbonate de Pb) ou le vermillon anglais (sulfure de Hg).

Ces traits, reproduits en blanc sur la pellicule, se superposeront à l'image radiographique du tableau. Quand le carton est épais, afin d'éviter un décalage des images des deux surfaces peintes, veiller au centrage rigoureux de l'ampoule et faire tomber le rayon normal exactement sur le centre du film en indiquant par un signe conventionnel, au verso du carton, l'emplacement du point d'impact.

c. Garanties primordiales d'identité. — La première radiographie doit être effectuée, en présence de l'artiste ou de son mandataire attitré, par un radiologiste assermenté ou dans un Établissement de l'État comme le Conservatoire des Arts et Métiers. Un procès-verbal succinct pourrait être signé, comportant, par exemple, la date, le sujet du tableau, ses dimensions, le nom de l'auteur, le nombre des clichés et la désignation des parties radiographiées.

2° Conservation des clichés :

Des deux films identiques, pris en même temps, timbrés et datés, l'un pourrait être déposé dans des archives administratives spéciales, l'autre remis à l'artiste ou à son mandataire.

L'encombrement est minime (40 films ont une épaisseur de 1^{cm}), une garantie supplémentaire de longévité du document radiographique pourrait être obtenue par le tirage d'une épreuve inaltérable au charbon sur papier photographique pur chiffon.

En cas de contestation sur l'authenticité d'un tableau, une radiographie du tableau suspecté serait effectuée par n'importe quel radiologiste un peu exercé et le cliché serait confronté soit avec le cliché des archives, soit avec le duplicatum remis à l'artiste.

En employant préventivement ce « Bertillonnage » ou, si l'on préfère un autre terme, cette iconométrie radiographique des parties essentielles de leurs tableaux, les artistes ou leurs descendants seraient armés contre la copie de ces œuvres; les collectionneurs, les musées nationaux pourraient contrôler l'authenticité de leurs nouvelles acquisitions et empêcher, dans l'avenir. la substitution de plagiats; enfin, les vendeurs honnêtes auraient la possibilité d'entourer leur entremise de garanties indiscutables.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Points de transformation des solutions solides d'alumine ou de sesquioxyde de chrome dans le sesquioxyde de fer.* Note de MM. **H. Forestier** et **G. Chaudron**, présentée par M. H. Le Chatelier.

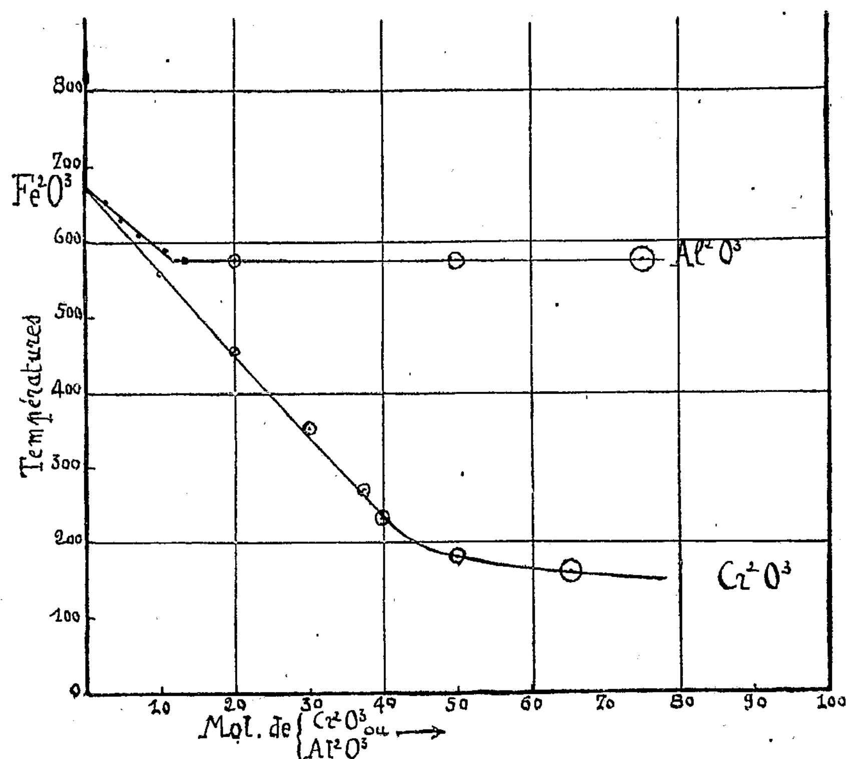
Nous avons déjà montré (¹), par l'analyse thermique dilatométrique, que la forme stable du sesquioxyde de fer subissait à 675° une transformation réversible et sans changement de phase, caractéristique des substances ferromagnétiques. Nous recherchons ici, par la même méthode, l'influence, sur ce point de transformation, de la mise en solution solide d'alumine ou de sesquioxyde de chrome.

Les oxydes étaient précipités simultanément par l'ammoniaque en excès, à partir des solutions, soit des chlorures, soit des nitrates correspondants, mélangés en proportions connues. Le précipité des deux oxydes était séché, puis aggloméré sous forme de bâtonnets que l'on étudiait au dilatomètre Chévenard.

Les échantillons qui n'ont pas été préalablement recuits au-dessus de 400°

(¹) G. Chaudron et H. Forestier, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 763.

n'indiquent aucun abaissement sensible du point de transformation, ils sont donc constitués par les deux oxydes simplement juxtaposés ; au contraire, un chauffage de quelques minutes au-dessus de 700° produit un abaissement très net du point de transformation, ce qui indique la formation de la



solution solide ; dans tous les cas, le point de transformation se fixe après un chauffage de deux heures à 900° ; la solution atteint dans ces conditions sa composition limite.

L'addition d'alumine à l'oxyde ferrique provoque un abaissement du point de transformation suivant une loi sensiblement linéaire (voir figure) ; à partir d'une concentration en alumine d'environ 12 pour 100, la température de transformation reste constante (575°). Nous obtenons par conséquent pour cette composition les cristaux mixtes limites.

L'addition de sesquioxyde de chrome entraîne un abaissement plus important du point de transformation, qui se trouve déjà à 230° lorsque la teneur en Cr^2O^3 atteint 40 pour 100 ; au delà de cette valeur la température s'abaisse de moins en moins quand la concentration augmente. L'affaiblisse-

ment de l'anomalie de dilatation ne permet pas des mesures précises pour les fortes teneurs en oxyde de chrome (au delà de 65 pour 100); toutefois le point de transformation d'un mélange à 80 pour 100 d'oxyde de chrome est encore nettement observé sur les courbes dilatométriques au-dessous du point précédent. Ainsi le sesquioxyde de chrome et le sesquioxyde de fer sont miscibles en toutes proportions, ce résultat est à rapprocher du fait que le rapport de leurs volumes moléculaires est sensiblement égal à l'unité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution expérimentale à l'étude du transport des électrolytes. Mobilisation des ions par échanges intermoléculaires.* Note de M. **W. Mestrezat** et de Mlle **Y. Garreau**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré, dans une Note antérieure (1), l'influence notable que peut avoir sur la vitesse de diffusion d'un ion la présence dans le milieu extérieur de molécules susceptibles de fournir un ion d'échange.

L'explication de ces faits relève, d'une part, de la possibilité de substituer à un ion mobile un ion de même signe, dans le système moléculaire mis en diffusion, cet ion étant emprunté à la molécule dissoute dans le milieu extérieur, conformément aux équilibres observés par Ostwald (1890) (2), d'autre part de la mobilité plus grande (quelle qu'en soit l'origine) que montrent certains ions en diffusion, *dans des conditions physiologiques*, à travers des septums, ainsi que les expériences de P. Girard, V. Morax et l'un de nous, réalisées sur la cornée, ont permis de l'affirmer (3).

Si les anions $(Cl)'$, $(I)'$, $(NO^3)'$, $(SO^4)''$, etc. se trouvent liés aux cations par une force électrostatique puissante, qui ne leur permet pas

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1060.

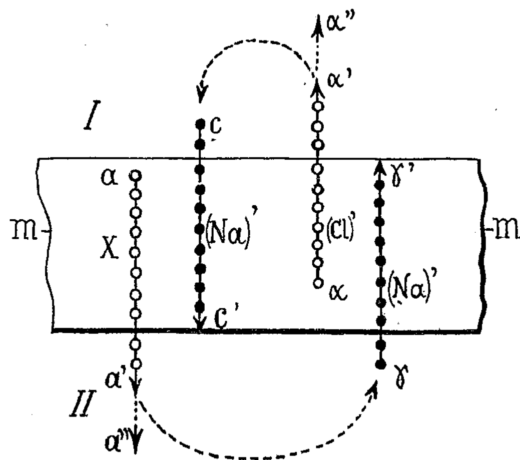
(2) Ostwald a constaté que, malgré sa mobilité habituelle, l'ion $(Na)'$ ne diffuse pas à travers un septum *m* en dialyse contre de l'eau distillée, s'il est uni à un radical R, auquel le septum *m* est imperméable. Par contre, lorsque le milieu extérieur renferme une molécule telle que KCl (dont l'ion K est accepté par R, faudrait-il ajouter), l'équilibre obtenu comporte le passage d'une partie du $(Na)'$ dans le milieu extérieur, où on le retrouve sous forme de NaCl, tandis que le radical R est uni aux deux ions $(Na)'$ et $(K)'$, formant des molécules RNa et RK.

(3) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1727, et *C. R. Soc. Biol.*, t. 87, 1922, p. 69, 144, 227, 356, 358 et 441.

de s'éloigner beaucoup, dans une diffusion contre de l'eau distillée, du cation auquel ils sont couplés, malgré leur vitesse de diffusion propre plus grande, ils n'en manifestent pas moins, dans leur diffusion, une avance réelle ε, qui les fera pénétrer les premiers dans l'un des milieux en présence.

L'anion tombe ainsi dans un milieu où il a la possibilité (Ostwald) de se porter sur un cation nouveau. L'anion déplacé, libéré de ses attaches électrostatiques, acquiert ainsi la facilité de passer, à son tour, dans le premier milieu; autrement dit : *deux molécules séparées par un septum idéal peuvent échanger leurs ions de même signe*, si les conditions d'affinité le permettent.

Dans le cas d'un septum qui possède une épaisseur réelle, la représentation des faits est plus expressive.



Les flèches $\gamma\gamma'$ et $\alpha\alpha'$, de longueur égale, figurent l'image matérielle de deux files d'ions (Na)' et (Cl)', par exemple, avant que les ions (Na)' [en retard sur les ions (Cl)'] ne pénètrent dans le milieu (I). Les flèches *cc'* et *aa'* représenteront, de même, l'image matérielle de deux files de cations et de l'anion du sel étudié. En supposant l'avance ε des ions (Cl)' sur les ions (Na)' égale à 3 et celle des anions X sur les cations $Y = 2$, on voit que les 3 ions (Cl)', qui auront pénétré dans le milieu I, se porteront (Ostwald) sur 3 cations de ce milieu, libérant du même coup 3 anions X. Ces 3 anions X, libres de leurs entraves cationiques, porteront à $3 + 2$ le nombre des anions mis à la disposition du milieu II, à l'extrémité de la flèche *aa'*. Ces 5 anions, se couplant avec 5 cations de II, augmenteront, par le même jeu, de 3 à $5 + 3 = 8$ le nombre des ions (Cl)' utilisables par

le milieu II. Ainsi s'établira rapidement, par des échanges *en cascade*, un régime définitif.

Cette représentation des faits qui rappelle les doubles chaînes de glissement d'Arrhénius, associe les deux concepts en apparence contradictoires, celui de la réalité et de la rigidité du cadre moléculaire, que les notions d'affinité chimique et celle du mouvement brownien, pour ne citer que ces deux faits, ne nous permet pas de négliger, avec la nécessité, non moins démontrée, de la mobilité des ions dans l'organisme.

A côté d'une diffusion peu changée des ions moins mobiles, il s'établit, par glissement, de proche en proche, d'une molécule à l'autre, des échanges, qui aboutissent à une *circulation en sens inverse des ions de même signe, les plus mobiles*. Les échanges entre deux molécules de nature différente auraient lieu, dans ces conditions, sur chaque face du septum matériel seulement.

La présence d'ions d'échange, plus exactement de systèmes moléculaires pouvant en fournir dans le milieu extérieur, permet de concevoir, suivant un schéma simple, des transports rapides d'anions dans l'organisme et des effets sélectifs, dont l'importance biologique apparaît chaque jour plus grande.

ARCHÉOLOGIE MILITAIRE. — *Sur le damasquinage à l'étain d'une arme de guerre médiévale.* Note [1] de M. **Georges-A. Le Roy**, transmise par M. le Maréchal Foch.

I. L'art très ancien du damasquinage ou de la damasquinure appliqué aux armes de guerre consiste, on le sait, à graver dans le fer ou l'acier les traits de dessins dont les creux sont ensuite remplis par martelages avec de l'argent ou de l'or. Mais on ne connaissait pas jusqu'à présent, même dans les plus complètes collections d'armes [2], d'exemple de damasquinage à base d'étain, et l'on ignorait si un tel procédé a pu jadis être mis en œuvre par les armuriers et fournisseurs européens et bien qu'il soit pratiqué en Extrême-Orient (au Japon).

Or, ces temps derniers, j'ai découvert la preuve que le damasquinage à

---

[1] Séance du 20 avril 1925.

[2] Musée de l'Armée à Paris et Victoria and Albert Museum (South Kensington) à Londres, où les experts m'ont répondu ignorer des exemples de damasquinage d'armes européennes par l'étain et douter qu'il ait jamais existé.

l'étain aurait été pratiqué en Europe, pour des armes de guerre, et à l'époque du moyen âge. Voici dans quelles circonstances j'ai fait cette constatation.

La Commission départementale des Antiquités de la Seine-Inférieure conservait dans ses Archives, à la préfecture de Rouen, une épée en fer de forme très ancienne, mais d'origine et de provenance inconnues. *Rien de particulier n'était apparent* sur cette arme qui était, d'ailleurs, recouverte par du tartre calcaire et par des stratifications épaisses de rouille ayant corrodé profondément le métal, résultat d'un long séjour sous terre ou dans un tombeau. J'ai pu procéder sur cette pièce archéologique à des examens physico-chimiques.

II. Tout d'abord, par une série de décapages ménagés, pratiqués successivement avec de l'eau acidulée, puis de l'eau alcalinisée, j'ai mis progressivement à jour de curieux dessins gravés dans le fer aciéré, sur les deux côtés de la lame, en sa partie centrale et longitudinale formant évidement, et j'ai constaté que les creux de ces dessins étaient remplis par un métal de couleur blanche paraissant être de l'argent.

Avec une aiguille à disséquer, et procédant sous le champ d'un microscope binoculaire, j'achevai de mettre à jour tout ce qui subsistait encore de ces dessins, qui furent ensuite repérés par silhouettage avec de la gouache blanche, et de façon à pouvoir être photographiés, soit en réduction, soit en grandeur nature.

L'arme est en fer, et en fer aciéré pour la lame; la garniture (bois, cuir, étoffe) de la fusée n'existe plus. Cette forme d'épée est celle de ses congénères qui furent usitées en Europe pendant le moyen âge. Le poids total actuel est de 800^{g} environ. La longueur totale, jusqu'à la partie allant vers la pointe, et où l'épée a subi le maximum de corrosion par la rouille, est de 760^{mm}.

J'ai déterminé micrométriquement au microscope les grandeurs en largeur et en profondeur des creux gravés dans l'acier : ces grandeurs varient de 5 à 9 dixièmes de millimètre environ.

III. Cependant le métal blanc inclus dans les traits gravés, et formant le damasquinage, fut étudié chimiquement par les réactifs analytiques, sur quelques copeaux microscopiques extraits mécaniquement hors les creux, au moyen d'un scalpel. L'analyse révéla qu'il ne s'agissait aucunement d'argent, mais d'étain.

Pour contrôler ces résultats sur une quantité suffisante de métal, et l'extraire plus facilement hors des creux, j'instituai la méthode suivante, basée sur l'emploi de l'électrolyse, l'estimant (d'après essais préalables sur

une lame de fer-blanc) susceptible de mettre l'étain en dissolution, sans dissoudre le fer ou l'acier ni la rouille elle-même.

A cet effet, je façonnai un auget rectangulaire avec de la gutta-percha, et le mastiquai sur la lame tout autour d'un endroit représentant l'un des damasquinages. L'auget d'une capacité de 50^{cm^3} fut rempli avec une solution aqueuse à 5 pour 100 de soude (Na OH) pure. Un fil de platine fut tendu horizontalement et longitudinalement, à mi-hauteur dans l'auget, puis relié au pôle négatif d'une source électrique de faible voltage et intensité. La masse générale de l'épée fut reliée au pôle positif. Dans ces conditions, le fil de platine fonctionnait comme cathode et la partie de lame avec la damasquinure agissait comme anode soluble.

Après plusieurs heures d'électrolyse, tout l'étain fut enlevé à la damasquinure et passa à l'état de stannate d'étain, solubilisé dans l'électrolyte ainsi que quelques traces infimes de fer. Un très léger dépôt brun se produisit sur la cathode en platine. Ce dépôt fut caractérisé ultérieurement, par les réactifs, comme étant constitué par des traces infinitésimales de plomb qui existait comme impureté dans l'étain.

La liqueur alcaline électrolytique fut alors examinée par l'analyse chimique et il fut reconnu qu'elle ne contenait rien autre chose que de l'étain pur (réactions par : $H^2S.Am^2S$, pourpre de Cassius, etc.). Les quelques particules boueuses restées dans l'auget ne contenaient ni plomb, ni cuivre, ni or, ni argent.

D'où je conclus que le damasquinage de cette épée est constitué exclusivement par l'étain seul.

Mais, d'autre part, j'ai caractérisé la présence de l'étain appliqué sur la corde ou les quillons de cette épée, sous la forme d'un étamage général très épais. Cet étamage, agissant comme couverture protectrice électropositive, a soustrait le fer aux oxydations et cette partie de l'épée est restée indemne de toute rouille ou corrosion. Le pommeau a présenté aussi, mais très faiblement, des traces d'une couche originaire brillante et très décorative d'étamage, actuellement disparue.

En résumé, cette épée apporte l'exemple d'un damasquinage à l'étain qui fut vraisemblablement pratiqué, non par martelages, mais, vu la fusibilité de l'étain (235° C.), par mise en fusion dans les creux gravés, l'épée étant préalablement chauffée vers cette température. Et c'est probablement de cette même manière que fut réalisé de même l'étamage des quillons et du pommeau.

Ce procédé de damasquinage à l'étain, plus facile, plus rapide et moins

coûteux que celui avec de l'or ou l'argent, constitue donc non seulement un fait nouveau dans l'histoire de l'armurerie médiévale en Europe, mais encore atteste une technique de simplification dans le damasquinage des armes de guerre et, malgré la facture rudimentaire des dessins, il n'est pas sans faire honneur à l'esprit inventif de l'artiste inconnu qui, jadis, le mit en pratique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les chlororuthénites de potassium.*
Note de M. **Raymond Charonnat**, transmise par M. A. Béhal.

Les trichlorures des métaux du groupe du platine se combinent aux chlorures alcalins ClX pour donner des hexachlorosels $[MCl^6]X^3$ (M = Ir, Rh, Os) et des aquopentachlorosels $[M(H^2O)Cl^5]X^2$ (M = Ir). Le ruthénium a paru se comporter autrement; on ne connaît pas d'hexachlororuthénites; il n'y a pas une, mais deux séries de sels répondant à la composition $RuCl^3, 2ClX, H^2O$, celle des aquopentachlorosels, et Werner qui a donné une excellente systématique des combinaisons complexes a reconnu que cette isomérie échappait à sa théorie [1].

L'étude du trichlorure de ruthénium m'a conduit à regarder de plus près cette isomérie singulière; l'examen a porté sur les sels de potassium.

Le premier pentachlororuthénite a été découvert par Claus [2] qui le préparait en précipitant au ruthénate par l'acide nitrique un hydroxyde, le dissolvant dans l'acide chlorhydrique et ajoutant du chlorure de potassium; au précipité microcristallin brun violacé, à poudre brune, il attribuait la formule $RuCl^5K^2$.

Lewis Howe [3], Gutbier [4] ont montré que ce corps, obtenu cette fois à partir du peroxyde RuO^4 et de l'acide chlorhydrique, était toujours hydraté et l'ont formulé $Ru^{III}Cl^5K^2, H^2O$.

Miolatti et Tagiuri [5] l'ont préparé par une tout autre voie : action du chlore au rouge sombre sur un mélange de ruthénium et de chlorure de sodium, dissolution dans l'eau du produit très soluble de la réaction, précipitation par le chlorure de potassium. Il se ferait d'après Miolatti un chlororuthénate que le papier du filtre réduit en chlororuthénite.

---

(1) Werner, *Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie*, 5e édition, p. 380.

(2) Claus, *Ann. Ch. Pharm.*, 59, 1846, p. 234.

(3) Lewis Howe, *J. am. chem. Soc.*, 23, 1901, p. 775; 26, 1904, p. 543.

(4) A. Gutbier, F. Falco et Th. Vogt, *Zeit. anorg. Ch.*, 115, 1921, p. 225.

(5) Miolatti et Tagiuri, *Gazz. chim. ital.*, 30, 1901, II, p. 511.

Lewis Howe ([1]), en faisant bouillir avec de l'alcool, de l'acide oxalique ou du chlorure stanneux le corps précédent en solution diluée faiblement chlorhydrique, ou la solution dite de sesquichlorure additionnée ensuite de ClK, a obtenu un corps différent, microcristallin, rouge, à poudre rose, $Ru(H^2O)Cl^5K^2$, qu'il nomme aquochlorruthénate.

Déshydratés le chlororuthénite et l'aquochlorruthénate doivent conduire à une paire d'isomères de composition $RuCl^5K^2$ que Lewis Howe nomme chlorruthénite anhydre et aquochlorruthénate déshydraté.

Aoyama ([2]) a signalé un troisième corps de formule $RuCl^5K^2$, obtenu en chauffant à 540° l'hexachlororuthénate $RuCl^6K^2$ dans un courant de chlore. Mais Gutbier ([3]) a identifié par les réactions aqueuses ce troisième avec le second l'aquochlorruthénate déshydraté.

L'examen des propriétés attribuées aux chlororuthénites bruns de Claus et Gutbier et aux chlorosels rouges de Lewis Howe m'a donné la conviction que ces corps n'étaient point isomères, que, différant par le degré de valence du ruthénium, ils ne peuvent avoir la même formule.

Les sels bruns renferment presque toujours moins d'eau que n'en comporte la formule adoptée; par le chlore les sels alcalins ne se transforment pas en hexachlororuthénates. Les sels rouges ne se forment à partir des premiers que par l'action prolongée de corps qui sont des réducteurs; ils perdent une molécule d'eau entre 140 et 180°; le chlore les transforme aisément en hexachlororuthénates.

Ceci s'explique très bien si l'on admet que les corps rouges sont les aquochlororuthénites $[Ru^{III}(H^2O)Cl^5]X^2$ et les corps bruns des hydroxychlororuthénates $[Ru^{IV}(OH)Cl^5]X^2$ correspondant aux hydroxychloroosmiates de Krauss ([4]).

Les dosages de ruthénium, de chlore, d'alcalin ne permettent aucune différenciation : ceux de l'eau sont délicats.

J'ai préparé le sel brun de potassium par les méthodes de Claus, Gutbier et Miolatti qui m'ont donné le même corps; j'ai préparé le sel rouge par la méthode de Lewis Howe et par une nouvelle qui ne laisse aucun doute sur la valence du ruthénium dans le complexe : déplacement par ClH des groupes oxaliques du ruthénotrioxalate de potassium $[Ru^{III}(C^2O^4)^3]K^3$ ([5]).

Les sels bruns en solution diluée au contact d'iodure de potassium et

([1]) Lewis Howe, Mémoires cités.
([2]) S. Aoyama, *Zeit. anorg. Ch.*, **138**, 1924, p. 249.
([3]) A. Gutbier et W. Niemann, *Zeit. anorg. Ch.*, **141**, 1924, p. 312.
([4]) F. Krauss et D. Wilken, *Zeit. anorg. Ch.*, **137**, 1924, p. 355.
([5]) R. Charonnat, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1279.

d'acide chlorhydrique libèrent immédiatement un atome d'iode par atome de ruthénium; les sels rouges dans les mêmes conditions ne mettent pas d'iode en liberté, sauf à la longue par oxydation à l'air du système. Trivalent dans les seconds, le ruthénium est bien tétravalent dans les premiers.

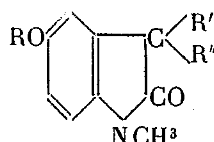
Le véritable aquochlororuthénite $[Ru^{III}(H^2O)Cl^5]K^2$ est donc l'ancien « aquochlorruthénate »; l'ancien « chlorruthénite hydraté » est l'hydroxychlororuthénate $[Ru^{IV}(OH)Cl^5]K^2$. L'action de l'acide chlorhydrique ne permet pas de transformer celui-ci en hexachlororuthénate plus soluble ou moins stable, mais la recristallisation dans l'acide chlorhydrique dilué de $[Ru^{IV}(Cl^6)]K^2$ a donné le dérivé hydroxy $[Ru^{IV}(OH)Cl^5]K^2$, le chlororuthénite de Claus.

Ainsi disparaît une isomérie incompatible avec la théorie de Werner.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés oxésériniques.*

Note de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Ch. Moureu.

Comme nous l'avons établi dans notre Communication précédente (1), les composés ψ-génésériniques sont des oxindols de formule générale

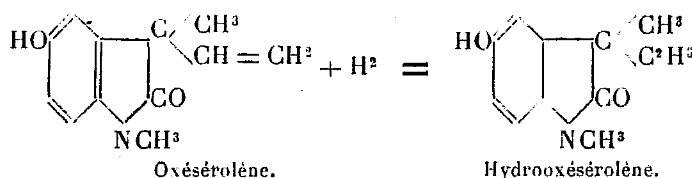


et nous avons proposé de désigner ces dérivés par le préfixe *Ox*.

Mais le manque de place ne nous avait pas permis de nous étendre sur la dégradation de l'oxésérétholméthine et sur les produits de réduction de l'oxésérolène et de son éther, que nous possédions cependant déjà.

L'oxésérolène donne un picrate jaune, rougissant à l'air, fondant à 215°.

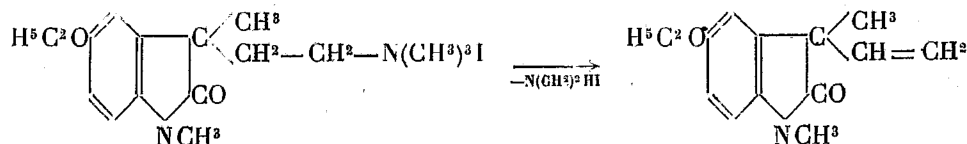
L'oxésérolène ne se laisse réduire que par hydrogénation catalytique, en présence de Pd colloïdal : il absorbe alors facilement 2H et conduit au dérivé saturé, l'hydrooxésérolène $C^{12}H^{15}O^2N$ fondant à 200°, plus soluble dans l'éther que le produit primitif.



Oxésérolène. Hydrooxésérolène.

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 73.

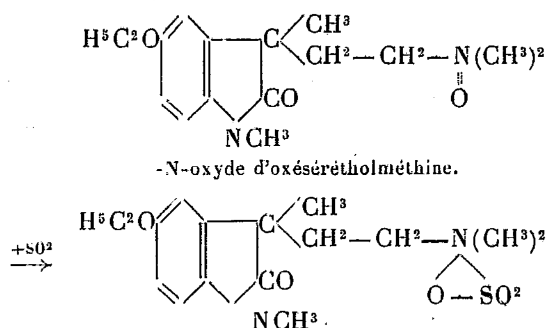
L'iodométhylate d'oxésérétholméthine (ψ-génésérétholméthine) soumis à la fusion prolongée vers 200°, dans le vide, se scinde en iodhydrate de triméthylamine et en éthyloxésérolène (f. 60°), identique à celui que nous obtenions autrefois sous forme huileuse, par action de KOH fondante [1].



On obtient ici, en même temps, un autre produit peu soluble dans l'eau et les solvants organiques, dont nous n'avons pas poursuivi l'étude.

Dans un travail récent [2], MM. Stedman et Barger décrivent sous le nom de déhydroésérétholméthine un composé qu'ils obtiennent par oxydation de l'ésérétholméthine par le nitrate d'argent ammoniacal et qui n'est autre que notre ψ-génésérétholméthine depuis longtemps connue. Ce corps leur fournit évidemment, par la dégradation de Hofmann, le même éthyloxésérolène. Nos travaux sur la série ψ-génésérinique ont probablement dû leur échapper.

En étudiant de façon plus approfondie le mécanisme de passage de la série ésérinique à la série oxésérinique, nous avons constaté qu'il pouvait être réalisé par un très grand nombre d'agents d'oxydation (I, Br, H^2O^2, etc.). Mais en présence d'un excès d'eau oxygénée, l'ésérétholméthine donne à côté de l'oxésérétholméthine l'aminoxyde de cette dernière base : corps neutre, fondant à 60°, $\alpha_0 = -38°$. Ce corps fournit un chlorhydrate, bien cristallisé, fondant à 198°. Par réduction acide (Zn et HCl), il conduit à l'oxésérétholméthine. Par réduction à l'aide de SO^2 cette régénération n'est que partielle, la majeure partie formant un éther du type suivant :



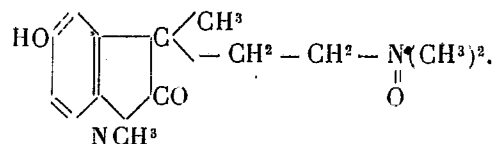
-N-oxyde d'oxésérétholméthine.

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, **23**, 1918, p. 335.

([2]) *Ch. Soc.*, **127**, 1925, p. 247.

Ce sulfoné fond, en se décomposant, à 193°-194°. Il s'hydrolyse très facilement en solution aqueuse, à chaud, en SO^4H^2 et oxésérétholméthine.

On obtient le même aminoxyde en traitant directement l'oxésérétholméthine par H^2O^2. Parallèlement H^2O^2 donne avec l'oxésériméthine et l'oxésérolinéthine, les N-oxydes correspondants, très solubles dans l'eau, et présentant les mêmes propriétés chimiques que le dérivé éthylique



N-oxyde d'oxésérolimethine.

La preuve définitive de la configuration du noyau basique de l'ésérine : pipérédique, ou méthylpyrrolidique, comme nous l'avons proposé dans notre dernière Note, et comme le suggèrent, en même temps et indépendamment de nous, MM. Stedman et Barger, nous a semblé devoir être cherchée dans la synthèse, soit de ces dérivés N-méthyloxindoliques, par condensation de la méthylparaminophénétidine avec les halogénures des acides α-halogénés correspondants, soit des dérivés hydroindoliques par les hydrazones respectives.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits nitrés de l'éther diphénylglycolique.* Note de MM. **Const. Dosios** et **Théod. Tsatsas**, présentée par M. Charles Moureu.

L'éther diphénylglycolique, $C^6H^5.O.CH^2-CH^2.O.C^6H^5$, préparé par Lippmann [1], n'a pas, à notre connaissance, été nitré directement.

Les dérivés nitrés connus sont les trois isomères *o*, *m* et *p*, répondant à la formule $NO^2.C^6H^4.O.CH^2-CH^2.O.C^6H^4.NO^2$, qui tous ont été préparés par l'action du bromure d'éthylène sur les sels alcalins des nitrophénols correspondants [2].

Cette même méthode, appliquée au 2.4-dinitrophénolate de sodium, n'a pas donné de réaction; par contre le 2.4-dinitrobenzène chloré, à son point de fusion, agit très vivement sur le sel disodique du glycol, avec déflagration du mélange. Pour éviter cet inconvénient, il suffit d'ajouter ce sel par

---

(1) *Comptes rendus*, 68, 1869, p. 1269.
(2) *Journal für prakt. Chem.*, 2e série, 21, 1880, p. 127; 27, 1883, p. 201.

petites parcelles à un excès de dinitrobenzène chloré fondu. La réaction finie, on lave après refroidissement à l'alcool et à l'eau, on obtient ainsi une poudre jaune clair, qui, après deux cristallisations dans l'acétone ou le phénol, donne un corps fondant à 215°,2.

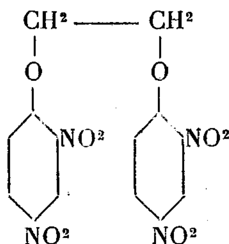
Ce même corps a été obtenu par la nitration directe de l'éther diphénylglycolique.

On prend 10g de cet éther, que l'on ajoute par petites portions dans 80cm³ d'acide azotique fumant refroidi, en ayant soin que la température ne dépasse pas — 10°. Après la fin de la réaction on a une solution claire, qui, versée dans l'eau, laisse se séparer un dépôt floconneux, lequel, lavé à l'eau et desséché, donne 11g,5 de produit brut, dont la majeure partie est identique au corps obtenu par la réaction du 2.4-dinitrobenzène chloré sur le sel alcalin du glycol.

Ce corps, chauffé en tube scellé avec du chlorure d'aluminium, à 220°, a donné le 2.4-dinitrophénol, fusible à 114°.

La détermination de l'azote, d'après Dumas, a donné $N = 14,23$ pour 100, au lieu de $N = 14,21$ calculé. La détermination du poids moléculaire par la cryoscopie avec le phénol nous a donné 452, au lieu de 394, nombre assez satisfaisant, vu la faible solubilité du corps (1 pour 100 environ au point de fusion).

La substance obtenue est donc le tétra-2.4-2'.4'-nitrodiphényloxyéthylène :



Propriétés. — Poudre cristalline jaune clair, fondant à 215°,2 (corr.) sans décomposition; insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, le chloroforme et le benzène; faiblement soluble à froid dans l'acétone, le phénol et l'acide acétique, assez soluble à l'ébullition. Les solutions de ce corps dans l'acétone, la méthyléthylcétone et l'acétophénone donnent, avec une solution alcoolique d'alcali solide, une coloration rouge intense, qui n'est pas produite avec l'ammoniaque.

La réduction par le chlorure stanneux et l'acide chlorhydrique, obtenue en chauffant légèrement, donne la tétramine correspondante, qui est préci-

pitée par le sulfite de sodium. Cette amine incolore, ainsi que sa solution aqueuse, brunit rapidement à l'air; copulée avec l'aniline diazotée, elle donne la réaction de la chrysoïdine et fournit un beau colorant orangé, qui, en solution acétique, teint directement la soie, la laine et le coton. Son sel chlorhydrique, en solution neutre, donne, avec l'azotite de sodium, un colorant brun.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérisation des vinylalcoylcarbinols* $CH^2=CH-CHOH-R$ *en éthylalcoylcétones* C^2H^5-CO-R. Note de MM. **Raymond Delaby** et **Jean-Marc Dumoulin**, transmise par M. A. Béhal.

Les vinylalcoylcarbinols étant à présent des composés facilement accessibles [1], il a paru intéressant d'essayer de les transformer directement en vinylalcoylcétones : le seul procédé de synthèse de ces dernières est dû à MM. Blaise et Maire [2] et il exige cinq transformations à partir de la matière première, l'acroléine.

Nos premiers essais furent effectués par *oxydation catalytique* sur argent réduit. MM. Moureu et Mignonac [3] ont montré en effet que l'amiante argentée constituait un catalyseur actif d'oxydation régulière des alcools; en particulier, l'alcool allylique a pu être oxydé en acroléine dans la proportion de 75 pour 100 d'alcool transformé. Par les différentes techniques proposées par ces auteurs et en faisant varier méthodiquement les températures des catalyseurs, les débits respectifs d'alcool, d'air ou d'oxygène, nous n'avons pu réussir à obtenir en quantité appréciable les cétones vinylées correspondant au vinyléthyl- et au vinylbutylcarbinol : entre 270 et 330°, l'alcool non saturé passe sensiblement inaltéré; à température plus élevée, il y a déshydratation et destruction.

L'oxydation chimique conduit à des résultats du même ordre : pas d'altération sous l'influence des oxydants doux tels que le bioxyde de plomb en milieu sulfurique; destruction rapide par le mélange chromique, CrO^3 en solution acétique par exemple.

---

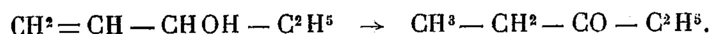
(1) R. Delaby, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 967.
(2) E.-E. Blaise et M. Maire, *Bull. Soc. ch.*, 4e série, 3, 1908, p. 265.
(3) Ch. Moureu et G. Mignonac, *Bull. Soc. ch.*, 4e série, 29, 1921, p. 88.

Nous avons alors entrepris la *déshydrogénation catalytique* sur cuivre ou sur nickel réduits. Peu d'expériences de ce genre ont été tentées sur les alcools non saturés. MM. Sabatier et Senderens [1] n'ont pas réussi à isoler exclusivement l'acroléine par déshydrogénation sur cuivre entre 180° et 300° : l'hydrogène se fixe immédiatement sur la double liaison de l'acroléine et la majeure partie du produit final est de l'aldéhyde propionique. Quelques années après, Bouveault [2] a cherché à éviter la réaction secondaire en opérant dans le vide; il s'adressa à deux substances peu volatiles, le géraniol et l'alcool undécylénique et les résultats furent assez surprenants : le géraniol fut transformé presque intégralement en citral à 200° et, par contre, l'alcool undécylénique s'isomérisa en aldéhyde undécylique.

En présence de ces faits, nous avons d'abord cherché à connaître si l'alcool allylique se déshydrogénait simplement en acroléine en opérant sous pression réduite. Sous 14^{mm} à 280-285° sur cuivre réduit, on obtient en majeure partie du propanal tout comme dans l'expérience à la pression atmosphérique.

Le principe de la séparation du propanal (éb. 49°,5) et de l'acroléine (éb. 52°,5) fut le suivant. Le premier se combine normalement au bisulfite de sodium et la combinaison se décompose par le carbonate de sodium à l'ébullition, tandis que l'acroléine fixe SO^3NaH à la fois sur le groupement fonctionnel aldéhyde et sur la double liaison et la combinaison ne libère sensiblement plus d'acroléine par CO^3Na^2.

Sur ce même catalyseur, le vinyléthylcarbinol n'est pas touché à 250-275° et sous 15^{mm}; sur nickel réduit, cet alcool dans les mêmes conditions de température et de pression s'isomérise faiblement en diéthylcétone :



$$CH^2 = CH - CHOH - C^2H^5 \rightarrow CH^3 - CH^2 - CO - C^2H^5.$$

L'emploi du vide n'évitant pas la réaction secondaire et les produits de la réaction étant difficiles à condenser en opérant ainsi, les expériences ultérieures furent effectuées à la pression ordinaire pour fixer les rendements en cétones éthylées obtenues en lieu et place des cétones vinylées cherchées. Elles sont résumées ci-après.

---

[1] P. Sabatier et J.-B. Senderens, *Ann. Ch. et Ph.*, 8e série, 4, 1905, p. 463.
[2] L. Bouveault, *Bull. Soc. ch.*, 4e série, 3, 1908, p. 123.

Alcool mis en œuvre.	Catalyseur.	Température de catalyse.	Cétone obtenue.	Rendement brut pour 100.	Alcool transformé pour 100.	Point de fusion des semi-carbazones.
Vinyléthylcarbinol.... (Éb. 114°-116°.)	Cu	296°	Diéthylcétone....... (Éb. 99°-103°.)	51	63	136°
»	Ni	210	»	73	79	136
Vinylpropylcarbinol... (Éb. 133°-134°.)	Cu	300	Éthylpropylcétone... (Éb. 123°-126°.)	57	64	110,5
Vinylbutylcarbinol.... (Éb. 152°,5-154°.)	Cu	320-325	Éthylbutylcétone.... (Éb. 146°-149°.)	52	66	102

Le nickel permet d'opérer à température plus basse qu'avec le cuivre et le rendement est plus avantageux. Les proportions d'alcool transformé sont éloignées des rendements théoriques par suite de déshydratation qui accompagne l'isomérisation. L'écart entre les points d'ébullition de l'alcool et celui de la cétone diminue avec l'augmentation du nombre d'atomes de carbone, d'où la difficulté de séparation par distillation fractionnée.

Par rapport aux méthodes connues d'obtention des cétones, en particulier la catalyse des acides, ce procédé d'isomérisation des vinylalcoylcarbinols peut rendre des services dans le cas des cétones mixtes où l'un des acides est d'une obtention laborieuse. Toutefois, cette méthode ne s'appliquerait utilement qu'aux cétones $C^2H^5 - CO - R$ dans lesquelles $R \leq C^5H^{11}$: au delà, la préparation des vinylalcoylcarbinols donne de trop faibles rendements pour songer à leur isomérisation catalytique.

GÉOLOGIE. — *Sur le contact de la Nappe de la Vilaine avec son substratum.* Note de M. F. **Kerforne**, présentée par M. Pierre Termier.

Dès 1915, j'ai signalé la présence de roches écrasées [1] entre les Schistes rouges et le Briovérien, au sud de Rennes, à la base de ce que j'ai appelé la *Nappe de la Vilaine* et c'était une des raisons que j'invoquais pour attribuer à une nappe de charriage la région silurienne, largement étalée sur le Briovérien redressé, entre Rennes et la grande faille longitudinale Angers-Malestroit. J'ai signalé leur existence en plusieurs points, en parti-

---

(1) F. Kerforne, *Sur la présence de Mylonites à la base du Cambrien au sud de Rennes* (*Comptes rendus*, **161**, 1915, p. 594).

lier à Bois-Esnault au sud de Pontpéan et au rocher d'Uzel près de la station de Pléchatel (¹).

J'ai étudié récemment (²) les *poudingues pourprés*, base des Schistes rouges, au Rocher (sud de Bruz) et je suis arrivé à cette conclusion qu'ils représentaient en cet endroit non un poudingue de base mais une *brèche de friction* d'origine mécanique; il en est de même des *poudingues pourprés* de la Fayère, près de Châteaubriant.

Jusqu'à présent, aucune étude microscopique de ces roches de base n'avait été faite; cette lacune vient d'être comblée.

Dans une excursion avec M. l'abbé Brunard, j'ai étudié un lambeau détaché de la nappe, sorte de *klippe*, flottant sur le Briovérien qui l'entoure de tous les côtés et situé au sud de Guer (Morbihan), en particulier sa partie orientale, aux environs du camp romain de Marsac (Butte du Mur), commune de Comblessac.

La carte géologique porte en cet endroit, au contact des Schistes rouges et du Briovérien, une masse éruptive s'enfonçant profondément dans les Schistes rouges vers l'Ouest et désignée par le symbole ν_{IV} : porphyrite ou diabase. Cette roche, dont un affleurement est visible en tranchée près du camp, présente un aspect schistoïde et une structure laminée nette; elle est de couleur bleu verdâtre et dans la pâte on voit de distance en distance de petits grains de quartz; elle est très éloignée de l'aspect ordinaire de nos diabases et de nos porphyrites, fait qui n'avait pas échappé à M. Ch. Barrois, car un passage de la légende de la carte paraît devoir s'y rapporter : « l'état d'altération de ces roches permet difficilement de distinguer la roche éruptive des schistes sédimentaires ». M. l'abbé Brunard en a envoyé des échantillons à M. le professeur Lacroix et a obtenu la détermination suivante : *roche, très probablement granitique, fortement écrasée et très altérée; on n'y voit plus que du quartz et de la séricite.*

La preuve par le microscope de la présence de mylonites à la base de la nappe de la Vilaine est donc faite au sud de Guer et c'est la confirmation de ce que j'ai signalé en d'autres points du contact.

L'existence réelle de la nappe de la Vilaine ne peut plus être mise en

(¹) F. Kerforne, *Étude tectonique de la région silurienne du sud de Rennes (Nappe de la Vilaine)* (*Bull. Service Carte géol.* n° 139, 23, 1919, p. 125-162).

(²) F. Kerforne, *Le contact de la Nappe de la Vilaine avec son substratum entre Bruz et Laillé* (*Bull. Soc. géol. Min. Bretagne*, 4, 1923-1924, p. 282-285).

doute; elle ne pouvait plus guère l'être, du reste, depuis que M. Milon (¹) a montré que son substratum à Saint-Thurial est constitué par des couches à *Endothyra*, probablement carbonifères, en tout cas certainement postérieures au Silurien.

GÉOLOGIE. — *Sur une phase tardive de la chaîne calédonienne scandinave.* Note (²) de M. C. E. Wegmann, présentée par M. Emile Haug.

L'examen d'une carte de la côte norvégienne montre un alignement régulier de certains cours d'eau et des fjords extrêmement frappant. Ce fait remarqué depuis longtemps a été attribué à des failles. Ce ne sont en général pas des failles, mais simplement des diaclases ayant facilité le travail de l'érosion.

Dans quelques cas, au nord de l'entrée du Trondhjemsfjord, il nous a été possible d'observer un rejet de quelques mètres. Au sud de celui-ci; dans l'île de Hitteren, ces dislocations prennent une plus grande importance. Le Dévonien de la côte SW, dont les assises sont localement presque verticales, y est coupé par des failles. L'une de celles-ci, dont la composante horizontale est probablement assez considérable, constitue, près de Balsnesaune, la limite du Dévonien (³). Ces diaclases sont orientées SE-NW; elles passent vers le sud jusqu'à la direction E-W. Elles se poursuivent dans les vieux gneiss se trouvant dans le reste de l'île et coupent également des charriages d'âge calédonien. Les écailles de gneiss chevauchent principalement sur des zones de calcaires. Le plus souvent on y observe des marbres à gros grains, renfermant d'abondants débris de gneiss, de granites, de pegmatites et de mylonites de ces roches, représentant ainsi une brèche de dislocation. C'est la raison pour laquelle certains auteurs ont pensé à des phénomènes d'injection. Les axes des charriages plongent vers l'Est.

Au point d'intersection des bandes calcaires et de ces fentes transversales apparaît une imprégnation de blende, de galène et de fahlerz

(¹) Y. Milon, *Sur la microfaune du calcaire briovérien de Saint-Thurial* (*C. R. S. Soc. géol. France,* n° 7, 1923, p. 73-74).

(²) Séance du 6 avril 1925.

(³) Hans Reusch, *Nogen bidrag til Hitterens og Smölens geologi* (*Norges geol. Undersökelse*, n° 69, Aarbok 1914, Kristiana 1914, IV, 12 pages, fig. 2. Résumé en anglais).

(exemples : Mellandsjö, Kjölsö, Storvand, etc.) (¹). Les calcaires ne sont imprégnés que là où ils sont traversés par des fentes (²).

Les faisceaux de diaclases recoupant le Dévonien sont plus jeunes que ce dernier. On doit les mettre en relation avec la dernière phase du plissement calédonien, soit la phase brunswickienne de M. Blackwelder (³). Ce mouvement correspond à une accentuation de la montée axiale, caractérisant la transversale des vallées de la Driva et de Gudbrandsdalen, dont la fosse d'Oslo (Kristiana) constitue la continuation (⁴).

Ces fentes, plus à l'Est, sur la terre ferme, ne renferment plus que des zéolites. Le minerai témoigne donc de l'activité d'agents minéralisateurs. Il nous semble permis de la mettre en relation avec les phénomènes volcaniques de l'Old Red Sandstone, caractérisant les zones d'ennoyage de la chaîne calédonienne. Ce volcanisme de la fin d'un cycle orogénique semble, comme dans plusieurs chaînes méditerranéennes, affecter de préférence les régions des racines. Des cas certains de cette activité n'ont pas encore été signalés dans la littérature scandinave.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition chimique d'un hybride de l'*Aconitum Anthora *L. et de l'*A. Napellus. Note de MM. **A. Goris** et **M. Métin**, présentée par M. Guignard.

Dans des recherches antérieures (⁵), l'un de nous a montré que la structure anatomique des racines d'*Aconitum Anthora* L. est très différente

(¹) Ces gîtes ne doivent pas être confondus avec ceux de magnétite de la même zone; ceux-ci étant en concordance avec des marbres et transformés également en schistes cristallins sont d'âge plus ancien que le plissement. Nous les avons étudiés en compagnie du Dʳ Carstens, qui publiera un compte rendu de nos observations.

(²) M. Böckmann, ingénieur des mines, a bien voulu me confirmer ces observations.

(³) Eliot Blackwelder, *A summary of the orogenic epochs in the geological history of North America* (*Journ. of Geol.*, 22, nº 7, Chicago, 1914, p. 633-654).

(⁴) La montée axiale des nappes de Tröndelagen le long de cette zone fait l'objet d'une Note actuellement à l'impression dans un autre Recueil. Une comparaison avec les phénomènes s'observant à l'autre extrémité de la zone d'abaissement d'axe s'impose forcément à l'esprit. Nous pensons à la région d'Oslo, ainsi qu'à celle de la descente axiale symétrique, le long de la côte entre Stat et Stavanger.

(⁵) A. Goris, *De la structure des Aconits et de son utilisation pour la détermination spécifique des Aconits de l'Inde* (*Bull. Sc. Pharm.*, 3, 1901, p. 102-123).

de celle de l'*A. Napellus* L. Dans ce dernier, le cambium affecte la forme d'une ligne sinueuse, étoilée, mais toujours continue, limitant une zone parenchymateuse médullaire et ligneuse, peu vascularisée. L'*A. Anthora* est caractérisé par un cambium fragmenté, donnant lieu à un certain nombre de cylindres libéro-ligneux plongés dans un parenchyme conjonctif intact ou en voie de disparition, suivant l'âge des tubercules.

Ces deux espèces se différencient également au point de vue chimique ([1]); l'une contenant de l'aconitine et des corps voisins, l'autre de l'anthorine et de la pseudo-anthorine.

On a signalé des cas d'hybridation entre l'A, Napel et l'A. Anthora; il était intéressant d'étudier ces hybrides au point de vue de leur composition chimique. Nous remercions M. Randou, de Gèdre, près Gavarnie, de nous avoir signalé une station de ces hybrides bien caractérisés. Toutes ces plantes étaient groupées en bloc, sans autre spécimen semblable dans la région, montrant ainsi qu'elles provenaient d'un semis initial, issu d'une plante hybride.

Cet hybride, que nous appellerons hybride de Randou, a le port et l'aspect de l'A. Napel; les divisions foliaires ne sont pas linéaires comme dans l'A. Anthora; elles ressemblent à celles de l'A. Napel; mais, mâchées en petite quantité, elles ne produisent pas le picotement caractéristique que provoquent ces dernières. Les fleurs sont *blanches*, bordées de bleu. La racine est allongée en forme de navet et par conséquent bien différente de la racine courte et brusquement terminée de l'*A. Anthora;* par contre, la structure anatomique, avec cambium fragmenté, l'éloigne complètement de l'*A. Napellus*.

Ce dernier caractère nous incite à penser que c'est l'*A. Anthora* qui a été hybridé par l'*A. Napellus*. Celui-ci aurait modifié les caractères extérieurs (forme de la feuille, de la racine, couleur des fleurs) sans influencer les caractères anatomiques.

Nous avons prélevé 5 ou 6 pieds de cet hybride et avons transplanté les tubercules de remplacement dans notre jardin alpin de Bagnères-de-Bigorre pour la conservation du type. Les tubercules florifères, avec les tiges et les fleurs, ont été séchés, pulvérisés et traités en vue de l'extraction et de l'étude des alcaloïdes.

39^{g} de produit pulvérisé ont donné 0,059, soit 0,0151 pour 100 de bases alcaloïdiques totales qui pouvaient être, soit de l'aconitine, soit de l'anthorine et de la

([1]) A. Goris et M. Métin, *Sur la présence de deux alcaloïdes dans l'*Aconitum Anthora *L.* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 968).

pseudo-anthorine, soit un mélange de ces composés. Ne pouvant songer à les caractériser chimiquement nous avons eu recours à l'essai physiologique.

Cette petite quantité d'alcaloïde a été dissoute dans un volume d'eau très exactement mesuré et additionnée d'une trace d'acide sulfurique. La solution a été neutralisée par un peu de carbonate de chaux, puis filtrée pour obtenir un liquide neutre contenant les sulfates d'alcaloïdes.

On injecte à des cobayes une quantité de ces sulfates, correspondant à 0,000 000 07 par gramme, comme si l'alcaloïde était de l'aconitine. Les animaux n'ont présenté aucun symptôme d'intoxication.

L'alcaloïde extrait n'était donc pas uniquement constitué par de l'aconitine.

A d'autres cobayes, on injecte une quantité correspondant à 0,00001 par gramme, considérant l'alcaloïde comme de l'anthorine et de la pseudo anthorine. Tous les animaux sont morts, une demi-heure à une heure après l'injection, en présentant des réactions physiologiques à la fois de l'anthorine et de l'aconitine. C'est ainsi que tous ont eu de la *paralysie des membres antérieurs*, réaction spéciale à l'anthorine; ils ont présenté une très grande agitation, et ont eu des sursauts brusques, accompagnés de cris, de hoquets, de salivation; finalement, les *membres postérieurs ont été paralysés :* ce sont là les symptômes propres à l'empoisonnement par l'aconitine.

La présence de cet alcaloïde a d'ailleurs été constatée par le picotement particulier qu'il produit sur la langue. Il suffit, pour cela, de déposer goutte à goutte la solution alcaloïdique sur de petits carrés de papier filtre de 1^{cm} de côté et de les faire sécher à l'étuve à 37°, après chaque affusion; on peut, par cette méthode, mettre sur ces papiers une quantité déterminée et calculée d'alcaloïde. Ces papiers ayant été déposés sur la pointe de la langue, plusieurs expérimentateurs ont noté leurs impressions. Le résultat a été positif pour tous, ne laissant aucun doute sur la présence d'aconitine dans l'« hybride de Randou ».

En opérant de cette façon, avec une solution d'azote d'aconitine de titre connu, on peut déterminer la limite de sensibilité de cette réaction physiologique que nous fixons à une moyenne de 0,000005, certains sujets plus sensibles percevant les picotements dès la dose de 0,000003.

En cherchant alors la limite de sensibilité pour la solution alcaloïdique retirée de l'hybride, et en notant le nombre de gouttes ou la quantité de solution employée, on peut fixer approximativement la proportion d'aconitine contenue dans le mélange de 2 à 5 pour 100 environ.

Ces chiffres n'ont pas un caractère de précision absolue. Ils peuvent, d'autre part, varier avec la proportion des organes employés puisque nous n'avons pas fait la séparation des racines, des tiges et des feuilles.

Un fait intéressant reste du moins acquis, c'est que, dans un hybride bien caractérisé d'*A. Anthora* et *A. Napellus*, on trouve les alcaloïdes correspondant à ces deux espèces.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les caractéristiques de quelques huiles d'Euphorbiacées.* Note de M. **Paul Gillot**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les graines des Mercuriales et des Euphorbes indigènes renferment 14 à 40 pour 100 de matière grasse. J'ai pu en extraire, par expression à froid ou par extraction à l'éther de pétrole, des huiles limpides, dont la couleur varie du jaune paille au jaune d'or.

Ces huiles se caractérisent surtout par leurs fortes densités, leurs indices de réfraction élevés, leurs indices d'iode considérables et la quantité notable de dérivés bromés qu'elles fournissent. Je me contenterai de consigner ci-dessous, en les comparant à celles de l'huile de lin, les caractéristiques des huiles provenant de dix espèces communes.

Caractéristiques des huiles de Mercuriales et des huiles d'Euphorbes.

Huile de :	Densité à 15°.	Indice de réfraction à 15°.	Indice d'iode (Wijs).	Glycérides bromés pour 100.
Mercurialis annua L.......	0,9348-0,937	1,4848-1,4861	205,9-215,5	65-80
» *perennis* L.....	0,9343-0,937	1,4846-1,4857	203,6-208,3	54-58
» *tomentosa* L....	0,934 -0,935	1,4840-1,4852	201,5-208,1	52-68
Euphorbia amygdaloides L.	0,935	1,4840	190,2	36
» *cyparissias* L...	0,938	1,4855	200,3	50
» *exigua* L.......	0,936	1,4858	209,2	60
» *helioscopia* L...	0,935	1,4850	205,4	58
» *peplus* L.......	0,935	1,4849	201,9	51
» *stricta* L.......	0,936	1,4856	212,0	62
» *verrucosa* Jacq..	0,935	1,4850	205,4	54
Linum usitatissimum L....	0,930-0,935	1,4810-1,4835	173-201	23-38

J'ajouterai que certaines espèces moins communes, telles que : *Euphorbia characias* L., *E. dulcis* L., *E. esula* L., *E. nicœensis* All., *E. palustris* L., *E. paralias* L., *E. platyphylla* L., *E. pubescens* Wahl., *E. segetalis* L., *E. serrata* L. m'ont donné des huiles analogues aux précédentes et dont les indices d'iode sont compris entre 190 et 210.

L'examen de ces résultats conduit aux conclusions suivantes :

1° Les huiles extraites des graines des Mercuriales et des Euphorbes indigènes se placent au premier rang des huiles siccatives par leurs caractéristiques égales ou supérieures à celles de l'huile de Lin.

2° Les huiles des Mercuriales présentent une homogénéité frappante.

Les valeurs extrêmes fournies par les huiles de trois espèces indigènes ne dépassent guère, en effet, les écarts que les influences extérieures peuvent engendrer dans l'huile d'une même espèce. Cette unité chimique est d'autant plus remarquable, qu'il s'agit de plantes ayant une biologie fort dissemblable (1);

3° Les huiles des Euphorbes offrent entre elles une très grande analogie et leurs caractéristiques sont également très voisines de celles des huiles des Mercuriales.

De même qu'elles présentent des caractères analytiques semblables, les huiles des Mercuriales et des Euphorbes possèdent des propriétés siccatives sensiblement identiques. Les essais que j'ai eu l'occasion d'effectuer montrent qu'elles sont susceptibles de recevoir des applications diverses : elles fournissent des caoutchoucs factices d'une grande élasticité; elles peuvent servir à la fabrication des encres lithographiques et à la préparation des vernis; elles conviennent admirablement pour la peinture.

En résumé, bien que mes recherches sur les graines des Euphorbiacées indigènes ne soient pas encore terminées, elles montrent que les huiles des Mercuriales et des Euphorbes présentent un réel intérêt :

1° Au point de vue théorique, les résultats obtenus semblent indiquer que les genres *Mercurialis* et *Eurphorbia* ne sont pas seulement caractérisés par leurs affinités botaniques, mais encore par l'homogénéité des caractères physiques et chimiques que présentent les matières grasses de leurs graines;

2° Au point de vue pratique, les huiles des Mercuriales et des Euphorbes sont susceptibles de recevoir les mêmes applications que l'huile de Lin.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur l'influence de l'urée, de la sulfo-urée et de l'allylsulfo-urée sur les végétaux supérieurs.* Note (2) de MM. **E.** et **G. Nicolas**, présentée par M. Molliard.

Depuis les expériences de G. Ville, nous savons que l'urée peut servir d'aliment azoté pour les végétaux; à dater de cette époque, le fait a été maintes fois constaté, si bien que différents auteurs se préoccupent actuel-

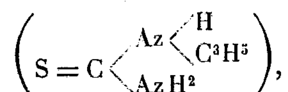
(1) P. Gillot, *Recherches chimiques et biologiques sur le genre* Mercurialis (*Thèse Doct. Sc. nat.*, Paris, 1925, p. 67).

(2) Séance du 20 avril 1925.

lement de l'emploi de cette substance comme engrais. Ainsi, d'après Chevalier, Brioux, Demolon, l'urée aurait une valeur fertilisante voisine de celle du nitrate de soude.

La découverte de l'uréase chez les végétaux et les recherches par lesquelles Fosse a établi que l'urée est un produit normal du métabolisme végétal, ont fait admettre l'opinion que cette substance, créée de toutes pièces par les cellules, ou empruntée au milieu extérieur, n'est utilisée qu'après sa transformation en carbonate d'ammoniaque par l'uréase. Ceci expliquerait l'insuccès de G. Ville dans ses essais de nutrition de différents végétaux au moyen de l'éthylurée. D'ailleurs, c'est ce qu'entrevoyait déjà Molliard quand il disait : « il faut donc admettre que les racines de Radis sont capables de transformer extérieurement l'urée et il devient vraisemblable que c'est sous la forme ammoniacale que la plante l'utilise ».

Nous avons repris l'étude de l'utilisation de l'urée par le haricot et la moutarde blanche dans le double but de préciser les doses toxiques comprises, d'après Molliard, entre 0,45 et 4,5 pour 1000 pour le Radis, et de comparer cette substance à deux autres, l'une où O de l'urée $\left(O = C\begin{smallmatrix}\diagup AzH^2\\ \diagdown AzH^2\end{smallmatrix}\right)$ est remplacée par S, c'est la sulfo-urée ou thio-urée $\left(S = C\begin{smallmatrix}\diagup AzH^2\\ \diagdown AzH^2\end{smallmatrix}\right)$; l'autre, l'allylsulfo-urée ou thiosinnamine, dérivant de la précédente par substitution du groupement allylique C^3H^5 à un atome d'H d'un des AzH^2



toutes deux employées aux doses de 0,2, 0,5, 1, 2,5 et 5 pour 1000 ajoutées à la solution minérale dont nous avons fait usage dans nos recherches antérieures sur l'hexométhylène-tétramine et l'aldéhyde formique.

Les chiffres du tableau indiquent les dimensions des organes en centimètres et leurs poids en grammes.

Des résultats encore plus nets, relativement à la toxicité de la sulfo-urée et de l'allylsulfo-urée, nous ont été fournis avec la moutarde blanche; même à la dose la plus faible, 0,2 pour 1000, ces substances arrêtent complètement au bout de quelques jours le développement des plantules.

Ces chiffres mettent une fois de plus en évidence la valeur alimentaire de l'urée aux doses ne dépassant guère 1 pour 1000; les doses de 2,5 et les doses plus fortes sont nettement toxiques, vraisemblablement à cause de l'ammoniaque qui provient de l'hydrolyse de l'urée par l'uréase. Ne savons-

	Témoin.	T + 0.2 urée.	T + 0,5 urée.	T + 1 urée.	T + 2,5 urée.	T + 5 urée.
1924 (18 mars-13 mai).			*Moutarde blanche.*			
21 avril.	Racine principale : 6; tige : 0,3; deux feuilles toutes petites.	Racine principale : 4,5; tige : 0,3; deux premières feuilles : 0,5 × 0,9; trois autres plus petites.	Racine principale : 4,7; tige : 0,6; deux premières feuilles : 0,4 × 1,3; trois autres plus petites.	Racine principale : 5,2; tige : 1,3; deux premières feuilles : 0,8 × 1,6; deux autres : 0,7 × 1,4; une plus petite.	Plante desséchée.	Plante desséchée.
13 mai.						
Poids sec. .	0,005	0,011	0,011	0,032	»	»
1924 (26 mars-27 mai).			*Haricot nain de l'Ermitage.*			
Poids sec. .	0,148	0,154	0,170	0,158	0,091	0,090

	Témoin.	T + 0,2 sulfo-urée.	T + 0,5 sulfo-urée.	T + 1 sulfo-urée.	T + 2,5 sulfo-urée.	T + 5 sulfo-urée.
1924 (4 avril-27 mai).			*Haricot nain de l'Ermitage.*			
22 avril.	Racine principale : 17; axe hypo. : 9,5; cotylédons tombés; tige : 3,4; deux premières feuilles : 2,5 × 3,6.	Racine principale : 13,5 axe hypo. : 3,2; encore enroulé; cotylédons s'étalent.	Racine principale : 7; axe hypo. : 2,6, encore enroulé ; cotylédons s'étalent, prêts à tomber.	Racine principale : 5; axe hypo. : 2, encore enroulé ; cotylédons desséchés non vidés.	Racine principale : 4,2; axe hypo. très court, encore enroulé; cotylédons desséchés, non vidés.	Racine principale : 2,1; axe hypo. encore enroulé; cotylédons desséchés, non vidés.
13 mai.	Tige : 8,4 et deux feuilles trifoliolées.	Cotylédons tombés, mais axe hypo. non déroulé : 3,2 ; pas de feuilles.	Plante desséchée.	Plante desséchée.	Plante desséchée.	Plante desséchée.

	Témoin.	T + 0,2 allylsulfo-urée.	T + 0,5 allylsulfo-urée.	T + 1 allylsulfo-urée.	T + 2,5 allylsulfo-urée.	T + 5 allylsulfo-urée.
1924 (4 avril-27 mai).			*Haricot nain de l'Ermitage.*			
22 avril.	Le même que dans l'expérience avec la sulfo-urée.	Racine principale : 11,5; axe hypo. : 6; cotylédons tombés; tige : 1; deux premières feuilles : 1 × 1.	Racine principale : 6,4; axe hypo. : 2,5, non déroulé; cotylédons étalés, prêts à tomber.	Racine principale : 3,6; axe hypo. : 2, non déroulé; cotylédons desséchés.	Racine principale : 3; axe non déroulé; cotylédons desséchés.	Racine principale : 1 axe non déroulé; cotylédons desséchés.
13 mai.	Id.	Plante desséchée.	Plante desséchée.	Plante desséchée.	Plante desséchée.	Plante desséchée.

nous pas, en effet, par Bokorny que l'ammoniaque employée dissoute dans l'eau, c'est-à-dire sous la forme de l'hydrate AzH^4OH doué de propriétés basiques (ion OH^-) et aux concentrations de 0,02, 0,05, 0,1 et 0,2 pour 100, empêche, à 0,05 pour 100, la germination des graines de cresson, à 0,02 pour 100, celle des graines d'orge et permet, à la même dose, la germination, mais retardée, du blé ?

De l'ensemble de faits relatifs aux végétaux supérieurs, il semble bien que l'on puisse conclure à la toxicité de l'urée pour les doses supérieures à 1 pour 1000. Normalement du fait de la sécrétion de l'uréase par les racines, la concentration de 1 pour 100, non toxique dans certaines conditions réalisées par Bokorny, serait beaucoup trop élevée et nocive. La toxicité de l'urée, se manifestant pour des doses variables suivant les végétaux, comprises entre 0,05 pour 100 (Bokorny) et un peu plus de 1 pour 1000, serait fonction à la fois de l'activité de l'uréase sécrétée par chaque plante et de la sensibilité de celle-ci vis-à-vis de l'ammoniaque.

La sulfo-urée et l'allylsulfo-urée sont toxiques même aux doses les plus faibles employées (0,02 pour 1000) et cette toxicité semble inhérente à la nature même de ces substances et ne paraît pas due à des produits de dédoublement dont on pourrait supposer la formation sous l'action de diastases ou sous des actions diverses; l'uréase, extraite du soja, en particulier, est sans effet sur elles et ne parvient point à les dédoubler, même après quelques jours de contact à la température de 20-25°.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur la constitution de la glande verte de l'Écrevisse.* Note de M. **Edouard Fischer**, présentée par M. P. Marchal.

On sait que le rein antennaire de l'Écrevisse (*Potamobius fluviatilis* Rond.), appelé aussi glande verte, diffère notablement des appareils homologues des autres Crustacés Décapodes.

Cette différence a été mise en évidence par Marchal ([1]). L'appareil excréteur des Décapodes se compose de trois parties, le saccule, le labyrinthe et la vessie. Le caractère exceptionnel de sa structure chez l'Écrevisse réside dans le fait que son labyrinthe est formé de deux parties distinctes : il comprend en effet la « substance verte », très comparable au labyrinthe

([1]) *Arch. de Zool. expér. et gén.*, 2e série, 10, 1892, p. 249-256.

des autres Décapodes, et en outre une partie qui lui est spéciale, la « substance blanche ».

Marchal a montré qu'il existe entre ces deux parties du labyrinthe de l'Écrevisse des différences nettement tranchées, dans la structure anatomique comme dans les caractères histologiques.

J'ai noté, par contre ([1]), une ressemblance morphologique inattendue entre les cellules de la vessie de l'Écrevisse et celles de la substance blanche du labyrinthe. Des observations d'un autre ordre ([2]) ayant de nouveau attiré mon attention sur ce point, j'ai repris l'étude de la substance blanche au point de vue des ressemblances et des dissemblances qu'elle présente avec les tissus qui lui sont adjacents, substance verte et vessie. Voici les résultats de cet examen :

Morphologiquement, des différences notables, dont plusieurs ont été déjà vues par Marchal, séparent les cellules de la substance verte de celles de la substance blanche : absence, chez ces dernières, d'une cuticule striée et de grains verts; chondriome limité plus étroitement à la partie basale, et plus serré; cellules de forme plus capricieuse, disposées en un épithélium moins régulier. A ces différences s'opposent des analogies étroites entre les cellules de la substance blanche et celles de la vessie : la forme et la taille des cellules, la constitution et la disposition de leur appareil mitochondrial et de leur appareil vacuolaire, sont tout à fait semblables; la seule différence est dans le moindre développement des aspects d'activité fonctionnelle du tissu de la vessie (grains de sécrétion, vésicules d'excrétion).

L'étude des affinités pour les colorants histologiques donne les mêmes résultats que l'étude morphologique : les caractères de colorabilité des cellules de la substance blanche sont absolument les mêmes que ceux des cellules de la vessie, et diffèrent très notablement de ceux des cellules de la substance verte, en ce qui concerne le cytoplasme proprement dit et aussi en ce qui concerne les bâtonnets.

Mêmes résultats encore si l'on considère l'action qui s'exerce des tissus excréteurs sur les tissus sanguin et conjonctif sous-jacents : j'ai montré ([3]) que le voisinage des tissus excréteurs intensifie le processus du développement des granulations éosinophiles dans les cellules sanguines, et provoque

---

([1]) *Arch. Anat. micr.*, 21, 1925, p. 269.
([2]) *C. R. Soc. Biologie*, 42, 1925, p. 951.
([3]) *Arch. Anat. micr.*, 21, 1925, p. 303.

l'apparition de telles granulations dans les cellules conjonctives également. Or il est possible, dans une certaine mesure, d'apprécier l'intensité de cette action en évaluant la quantité de substance éosinophile par rapport à la quantité des éléments sanguins et conjonctifs : à ce point de vue encore, la substance blanche et la vessie ont les mêmes propriétés, alors que l'action de la substance verte est bien moindre que la leur (et celle du saccule nettement plus intense).

Enfin je rappelle (¹) que l'injection de solutions salines concentrées provoque des modifications histologiques (augmentation de la hauteur des cellules; apparitions de vacuoles) dans la substance blanche et la vessie, et non dans la substance verte.

Je crois donc pouvoir considérer que la substance blanche et la vessie de l'Écrevisse sont deux parties d'un même tissu qui peut être homologué à la vessie des autres Décapodes; de ces deux parties, l'une, la substance blanche, joue un rôle actif dans l'excrétion et présente d'ailleurs une structure anatomique complexe lui assurant une grande surface, en rapport avec cette activité excrétrice; l'autre, la vessie, joue aussi un rôle dans l'excrétion, je l'ai montré (²), mais moins important, et présente la structure simple d'un réservoir d'urine. Il est vraisemblable d'ailleurs que la communauté des caractères de la substance blanche et de la vessie correspond à une communauté d'origine.

En résumé, j'établis ainsi qu'il suit la comparaison du rein antennaire de l'Écrevisse et de celui des autres Décapodes.

Le saccule de l'Écrevisse est assimilable au saccule des autres Décapodes.

La substance verte de l'Écrevisse est assimilable au labyrinthe des autres Décapodes.

L'ensemble de la substance blanche et de la vessie de l'Ecrevisse correspond à la vessie des autres Décapodes.

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 42, 1925, p. 951.
(²) *Loc. cit.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'alcool sur la faculté élective des levures dans la fermentation des moûts de raisin*. Note [1] de M. **Lucien Semichon**, présentée par M. Lindet.

Dubrunfant [2], Kjeldahl [3], Bourquelot [4], Gayon et Dubourg [5], Lindet [6] et récemment Schiller [7] ont étudié la fermentation élective du sucre interverti. De nombreux observateurs ont répété ces études sur les moûts de raisin. D'une manière très générale c'est toujours le glucose qui est consommé au début en plus grande quantité, puis arrive un moment où l'inverse se produit et, s'il reste des sucres dans le vin fait, c'est toujours le lévulose qui domine.

Exceptionnellement Dubourg [8] a isolé des levures de Sauternes qui consomment le lévulose de préférence, Blarez et Chelle [9] ont observé que des moûts mutés à l'acide sulfureux ou à l'acide salicylique, fermentant spontanément longtemps après, ont évolué en variation désordonnée et que souvent le lévulose est d'abord préféré.

En étudiant l'action de l'alcool comme agent des élection des ferments [10] nous avons relevé des dérogations analogues à la marche ordinaire des fermentations vinaires.

A quoi tient l'inversion qu'on observe couramment, avec un même ferment, au cours des fermentations vinaires? Réserve faite de l'influence de la richesse en sucres, de la proportion des deux sucres et de l'aération, sur lesquelles nous reviendrons, il nous paraît que *les mêmes levures peuvent consommer glucose ou lévulose en proportions variables et que l'alcool, suivant sa proportion, peut faire varier leur faculté d'élection, aussi bien que l'acide sulfureux ou tout autre antiseptique*.

Nous avons expérimenté industriellement sur des masses de 5 hectolitres

---

(1) Séance du 20 avril 1925.
(2) *Ann. de Chim. et de Ph.*, 3e série, 21, p. 169.
(3) *C. R. des Trav. du Labor. de Carlsberg*, 1881.
(4) *Ann. de Chim. et de Ph.*, 6e série, 9, 1886, p. 245.
(5) *Comptes rendus*, 110, 1890, p. 865.
(6) *Ann. de l'Inst. nat. Agron.*, 10, 1911, p. 49.
(7) *Ann. de Brass. et de Dist.*, nos 13 à 15, 1925.
(8) *Rev. de Vitic.*, 8, p. 467.
(9) *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 1912, 52e année, p. 425.
(10) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1017.

de moût de grenache additionné ou non d'alcool et fermentant sous l'effet des levures naturelles. Au cours des fermentations on a fait de nombreux prélèvements pour y doser chaque fois les sucres réducteurs P et la déviation saccharimétrique α. On en a déduit $\frac{P}{\alpha}$ les proportions G et L de glucose et de lévulose, leurs variations successives dG et dL et l'alcool formé A.

1° Dans le témoin, comme dans les fûts mutés, on observe, au début, une consommation presque exclusive de glucose en relation avec la respiration active des levures dans un milieu riche en oxygène, observation conforme à celle de M. Lindet.

2° $\frac{P}{\alpha}$ décroît ensuite proportionnellement à P et $\frac{dG}{dL}$ est > 1.

3° $\frac{P}{\alpha}$ demeure ensuite à peu près constant, puis va en croissant jusqu'à la fin : $\frac{dG}{dL}$ est < 1, les variations de $\frac{P}{\alpha}$ sont sensiblement proportionnelles à A.

4° La valeur $\frac{dG}{dL} = 1$ correspond à environ 6 pour 100 d'alcool dans le témoin.

5° Les consommations relatives des deux sucres sont sensiblement les mêmes dans les fûts mutés que dans le témoin *pour la même teneur en alcool* du milieu. Dans les moûts additionnés de 2,5-5-7,5-10 pour 100 d'alcool qui ont produit par fermentation : 12°,5-10°-7°,5-5° d'alcool, la courbe des variations de $\frac{P}{\alpha}$ est ce qu'elle était dans le témoin de 2°,5 à 15° %, de 5° à 15° %, de 7°,5 à 15° %, de 10° à 15° % d'alcool, ces dernières portions de la courbe du témoin étant transposées à la valeur de $\frac{P}{\alpha}$ au départ. Mais cette action prépondérante manifeste de l'alcool est modifiée par la superposition du court phénomène initial de consommation presque exclusive de glucose.

Application à la fermentation continue. — Dans la fermentation continue sans mutage, la vitesse d'extraction étant réglée pour que le milieu demeure à $d°$ d'alcool, $\frac{dG}{dL}$ demeure sensiblement le même que dans le même moût au stade de la fermentation ordinaire correspondant à $d°$ d'alcool formé; le phénomène initial de grande consommation de glucose peut s'y superposer en partie si le moût est très aéré. Si d est $\geqq 6$, la période où $\frac{dG}{dL}$ est > 1 étant réduite ou supprimée, $\frac{dG}{dL}$ demeure < 1 et dans les vins obtenus $\frac{P}{\alpha}$ peut être égal ou plus grand que dans le moût originel.

Application à la préparation des vins de liqueur. — Nous avons réparti le même moût de Banyuls en trois lots, mutés tous trois à 7 pour 100 d'alcool; mais ce mutage opéré à la fin, au milieu, et au début de la fermentation. On obtient trois vins naturels ayant tous trois 15° d'alcool et 155 à 158^g de sucre par litre, mais leur rapport $\frac{P}{\alpha}$ est respectivement 2,87-3,94-4,85, alors qu'il est 3,25 dans le témoin non muté qui a 15° d'alcool et qui conserve 51^g de sucre. L'époque du mutage fait donc varier beaucoup les quantités de glucose et de lévulose consommées ou conservées. La valeur de $\frac{P}{\alpha}$ ne permet pas, comme on l'a cru, de distinguer les mistelles des vins doux naturels.

Conclusions. — L'alcool exerce une action importante sur la faculté élective de la levure, et la fonction zymasique paraît plus sensible à l'alcool quand elle s'applique au glucose.

Suivant la manière dont on pratique la fermentation continue, suivant la façon dont on opère les mutages dans la préparation des vins de liqueur, on peut détruire ou conserver des quantités très différentes de glucose ou de lévulose. Ce fait peut avoir une répercussion sur la teneur du vin en produits secondaires de la fermentation. Il a des conséquences importantes sur les qualités organoleptiques des vins de liqueur et sur les transformations qui accompagnent leur vieillissement.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Recherches sur le mécanisme de l'acidose.* Note de MM. **Léon Blum** et **Maurice Delaville**, présentée par M. Widal.

La notion de l'importance de l'équilibre acide-base dans les états pathologiques se généralise de plus en plus et la détermination de la réaction actuelle du sang et de la réserve alcaline commence à en être en clinique un examen de pratique courante.

Grâce aux études très nombreuses faites en Amérique et reprises en Europe, nous possédons des documents abondants sur cet équilibre dans la plupart des états morbides. On a pu ainsi approfondir les rapports de ces troubles avec certains processus pathologiques et ce que nous avons pu établir pour les phénomènes d'ossification et les maladies du squelette, comme le rachitisme et l'ostéomalacie, nous fait penser que nous trouverons de ce côté l'explication de maints troubles dont la pathogénie nous échappe jusqu'ici.

Le mécanisme par lequel se produisent les perturbations de l'équilibre présente un intérêt qui n'est pas moins grand. Pour s'en rendre compte il suffit de se rappeler que c'est l'acidose diabétique qui a orienté les recherches du côté des acides cétoniques et a été ainsi la cause première des études sur la formation de ces acides.

Dans cette Communication nous n'envisagerons que l'acidose qui est le trouble de l'équilibre acide-base le plus fréquent et nous examinerons les différents processus par lesquels une acidose peut être réalisée dans les états pathologiques.

On peut définir l'acidose comme un état résultant de la rupture de l'équilibre normal acide-base par augmentation des valences acides. Jusqu'ici cette rupture a été surtout considérée comme suite d'une augmentation des acides, en particulier d'acides organiques.

L'importance de ce mécanisme n'est pas discutable; mais est-il justifié de se limiter comme on l'a fait jusqu'ici aux acides organiques et d'exclure les acides inorganiques?

D'autre part, on n'a considéré dans cette rupture que l'élément acide et négligé l'élément base. Or il est évident que la diminution des bases à elle seule peut déterminer une acidose sans qu'une diminution parallèle ne se produise du côté des acides. Enfin il est certain que la rupture sera d'autant plus prononcée s'il y a à la fois augmentation des acides et diminution des bases.

Nous arrivons ainsi à la conception qu'une acidose peut se produire par les trois modes suivants :

1° Il y a acidose par excès d'acide, le taux des bases restant inchangé.

C'est l'acidose par hyperacidité.

2° Il y a acidose par diminution des bases, le taux des acides n'étant pas modifié.

C'est l'acidose par hypoalcalose.

3° Enfin il y a acidose par excès d'acides et diminution simultanée des bases.

C'est l'acidose par hyperacidité et hypoalcalose.

Nos recherches nous ont montré que dans les états pathologiques ces trois mécanismes peuvent intervenir et que pour le groupe des acidoses par hyperacidité une différenciation plus précise est possible si l'on tient compte de la nature des acides.

Nous sommes ainsi arrivés à distinguer les types suivants :

1° L'acidose par excès d'acides cétoniques, telle qu'elle existe au cours du jeûne hydrocarboné et du diabète.

Nous l'appellerons céto-acidose.

2° L'acidose par excès d'acide lactique qu'on a rencontré après les efforts musculaires intenses et prolongés et qui joue probablement un rôle dans quelques maladies.

Nous la nommerons lacto-acidose.

3° L'acidose par excès d'acide chlorhydrique : on la rencontre dans les néphrites où l'élimination du chlore est défectueuse ; elle est réalisée par l'administration de fortes quantités de chlorure de calcium ou de chlorure d'ammonium : c'est la « chloro-acidose ».

4° L'acidose produite par les protéines qui accaparent les bases, fait que l'ultrafiltration permet de mettre en évidence, et qu'on rencontre chez certains cardiaques avec œdèmes.

C'est la *protéino-acidose*.

L'acidose par hypoalcalose est loin d'être rare ; elle est une cause fréquente de l'acidose des brightiques. Nous l'avons trouvée dans deux cas d'ostéomalacie. Peut-être est-elle en jeu dans l'acidose du rachitisme.

L'acidose par hyperacidité et hypoalcalose se rencontre chez les brightiques, plus rarement dans les phases extrêmes du diabète.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Présence de spirochètes chez les chiens atteints de gastro-entérite hémorragique.* Note de MM. **L. Panisset** et **J. Verge**, présentée par M. E. Leclainche.

Lükes, Lükes et Derbeck, Krivacek ont récemment mis en évidence, chez les chiens atteints de gastro-entérite hémorragique, un spirochète particulier = *Spirochæta melanogenes canis*. Ce parasite, assez facilement décelable dans le rein, serait rare et difficile à retrouver dans le pancréas, l'aorte, l'artère pulmonaire, la rate et le poumon.

Okell, Dalling et Pugh ont étudié, il y a quelques mois, une jaunisse leptospirillaire canine dont la forme suraiguë semble correspondre à la gastro-entérite hémorragique. Cette jaunisse est expérimentalement transmissible aux jeunes chiens : le succès des inoculations est subordonné à l'emploi d'un matériel frais.

L'étude préalable de deux cas de typhus du chien, dans lesquels il nous

fut impossible de découvrir le moindre spirochète, nous fit modifier notre technique de recherche et nous permit de déceler ces micro-organismes lorsqu'un troisième cas vint s'offrir à notre examen.

Il s'agit d'un chien braque, âgé de 18 mois.

Les premiers symptômes apparurent brusquement : tristesse, adynamie, inappétence totale. Vingt-quatre heures après, l'animal nous est présenté : la stupeur est profonde; les mouvements sont rares. Il existe du souffle labial, une diarrhée sanguinolente intense. Au niveau de la muqueuse buccale, on observe des macules d'un rouge vineux, mal délimitées, isolées ou confluentes, de dimensions variables, allant du diamètre d'une pièce de 20 centimes au diamètre d'une pièce de 1 franc.

Le pouls est filant, imperceptible; le nombre des respirations est normal; la température rectale s'abaisse à 36°. Deux heures après notre examen, le sujet meurt dans le coma.

Les lésions constatées à l'autopsie ne diffèrent en rien de celles qui caractérisent le typhus du chien.

Étude expérimentale. — Le sang du cœur, ensemencé en différents milieux, aérobies et anaérobies, n'a donné naissance à aucune culture.

On fait des frottis de sang du cœur, de pulpe de foie, de rate et de rein. On effectue également quelques préparations par impression, en posant délicatement une lame de verre à la surface d'une coupe fraîche du rein, du foie et de la rate.

Toutes ces préparations sont colorées suivant la méthode classique de Fontana-Tribondeau. L'examen bactérioscopique des frottis n'a montré aucun parasite spiralé. En revanche, dans les préparations par impression du rein, nous avons retrouvé un spirochète assez long (8 à 10$^{\mu}$) grêle, à tours de spires peu nombreux, lâches, peu serrés. Nous avons observé également des éléments flexueux, plus ou moins recourbés.

L'inoculation, à deux jeunes chiens âgés de 12 mois, du sang du cœur et d'une émulsion de pulpe de rein n'a provoqué aucune infection.

Il semble donc que, pour la mise en évidence de *Spirochæta melanogenes canis*, les méthodes les plus sûres soient : ou bien l'étude des coupes d'organes, colorées par une technique appropriée (Lükes), ou bien l'examen des préparations par impression, *par décalque*, pourrions-nous dire, après coloration par les méthodes d'imprégnation à l'argent.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'étiologie des oreillons*. Note de M. **Yves Kermorgant**, présentée par M. Roux.

Le pouvoir infectant des sécrétions buccales des malades atteints d'oreillons est un fait connu depuis longtemps. Trousseau, Rilliet, Guéneau de Mussy, ont même indiqué la possibilité d'une véritable localisation de l'infection ourlienne au niveau de la muqueuse buccale (stomatite, angine). La preuve expérimentale de la présence du virus, agent étiologique des oreillons, dans la salive des malades a été définitivement apportée par les expériences de Granata (1908), Gordon (1914), Wollstein (1916-1918).

Nous avons utilisé pour nos recherches le matériel virulent recueilli par lavage de la cavité buccale avec de l'eau physiologique de préférence à la sérosité parotidienne. Nous n'aurions pu prélever par ponction de ces glandes qu'une quantité minime de liquide contenant sans doute le germe spécifique (Nicolle et Conseil 1913), mais d'une virulence déjà atténuée par les réactions de défense de l'organisme, comme semblent le démontrer les résultats des expériences de Wollstein comparés à ceux obtenus par Nicolle et Conseil.

Le culot du liquide de lavage obtenu par centrifugation, repris par l'eau physiologique, a été inoculé, à la dose de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube, à des singes (*M. sinicus*) soit directement dans la parotide droite, soit au niveau de l'orifice buccal du canal excréteur droit. Nous avons ainsi déterminé, après une incubation de 7 à 10 jours, une parotidite bilatérale, s'accompagnant même dans un cas de sous-maxillite, d'inflammation des glandes lacrymales et d'une forte réaction méningée.

L'examen direct de ce même matériel et son ensemencement dans un milieu anaérobie au sérum de cheval dilué au $\frac{1}{5}$ dans l'eau physiologique, nous ont révélé la présence, au milieu de la flore buccale, d'un spirochète particulier. Les passages successifs dans ce milieu ont réduit les germes obtenus lors du premier ensemencement à deux espèces : le spirochète et une bactérie mobile (hôte très fréquent de la bouche de sujets normaux). L'expérience nous a montré que la symbiose de cette bactérie était nécessaire au développement *in vitro* du spirochète. Les cultures en sérum de cheval repiquées, dans un milieu anaérobie constitué par du sérum de lapin dilué au $\frac{1}{5}$ dans l'eau physiologique, stérilisé par filtration et non chauffé, deviennent particulièrement riches en spirochètes doués au maximum de leur virulence.

A l'examen à l'ultramicroscope, cet organisme se présente sous l'aspect d'un corps rigide très régulièrement enroulé en hélice, mesurant 10 à 14$^{\mu}$ de longueur. Les méthodes habituelles permettent d'en obtenir facilement de bonnes préparations colorées, sur lesquelles les organismes apparaissent souvent munis de cils à leurs extrémités. Le spirochète se reproduit par division régulière, ou par production de granules susceptibles de donner ensuite des spirochète typiques. Ces formes granulaires peuvent passer à travers les bougies filtrantes (Chamberland L_2, L_3) et leur existence permet de classer ce spirochète parmi les organismes possédant des formes filtrables.

L'inoculation chez le singe (*M. sinicus*) de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube d'une culture de spirochètes et de bactéries, pratiquée dans des conditions analogues à celles déjà indiquées, provoque, chez cet animal, après une incubation d'une semaine, la maladie ourlienne avec tous les caractères qu'elle revêt chez l'homme (parotidite bilatérale, orchite, sous-maxillite, réaction méningée). En inoculant simultanément au niveau du testicule avec $\frac{1}{10}$ de centimètre cube d'une telle culture, un singe et des lapins, nous avons provoqué chez ces deux espèces d'animaux, après une incubation de 24 à 48 heures, une orchite aiguë, n'aboutissant jamais à la suppuration, quelle que fût l'intensité des signes du début, et se terminant toujours par sclérose.

L'inoculation, dans des conditions identiques à celle déjà mentionnée, de 1$^{cm^3}$ d'une culture anaérobie en sérum de lapin, du bacille préalablement isolé sur les milieux habituels, ne produit aucune réaction parotidienne ou testiculaire chez le singe ou le lapin. Au contraire, le culot de centrifugation d'une culture filtrée ne contenant que des granules spirochétiens provoque, par inoculation dans le testicule du lapin, une orchite analogue à celle déterminée avec la culture qui a donné origine à ces granules.

Le rôle du spirochète dans l'étiologie de la maladie expérimentale est encore confirmé par sa présence constante dans les lésions glandulaires dont il est aisé de l'obtenir en culture. Il nous a été, par contre, impossible de mettre en évidence les formes spiralées de cet organisme sur les coupes de parotide ou de testicule traitées par les méthodes de coloration les plus électives.

La constatation, dans le sérum des sujets guéris, d'une agglutinine et d'une lysine spécifiques vis-à-vis de ce germe, viennent confirmer son rôle dans l'étiologie des oreillons chez l'homme.

Une première atteinte de l'infection confère aux animaux l'immunité, et

nous avons pu vacciner les lapins par l'injection de cultures de spirochètes de virulence atténuée. Ces essais de vaccination expérimentale, joints à quelques cas de thérapeutique clinique par les arsenicaux (sulfarsénobenzol, novarsénobenzol) permettent d'espérer la possibilité d'appliquer un jour à l'homme ces notions nouvelles dans la prophylaxie et la thérapeutique des oreillons.

M. J. Basset adresse une Note intitulée : *Étude expérimentale sur le charbon symptomatique. La toxine de* B. Chauvœi *et son pouvoir immunisant.*

A 16^h, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 14 avril 1925.)

Note de M. *J. Andrade*, Le mécanisme général de la synchronisation :

Page 1150, ligne 4, équation (3), *remplacer* la fonction $f(\theta)$ par $F(\theta) = \frac{\sin V}{e^{iV}} if(\theta)$; ligne 6, équation (4), poser $m = \frac{\cos V}{\sin V} + i$ et *lire*

$$(4) \qquad Z = e^{-m\theta}\left[C_0 + i\int_0 e^{m\varphi} f(\varphi)\, d\varphi\right];$$

ligne 11, équation (6), *lire*

$$(6) \qquad Z_{j+1} = Z_j e^{-m\Theta} + i\int_0^{\Theta} e^{m\varphi} f(\varphi)\, d\varphi.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 MAI 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Les deuils se succèdent dans notre Académie et rendent par trop douloureuse l'éphémère fonction que j'ai l'honneur de remplir : il y a un mois à peine, je déplorais avec vous la mort de M. Rabut, et aujourd'hui, c'est de M. **Albin Haller** qu'il me faut vous parler. Notre éminent confrère est mort il y a quelques jours, vite emporté par des complications grippales survenues en suite d'un accident de laboratoire; il succombe sur la brèche et c'est comme cela sans doute qu'il eût voulu mourir. Alsacien de naissance, il possédait toutes les qualités profondes des fils de l'Alsace et fut brave comme les plus vaillants d'entre eux; blessé au début de la bataille scientifique où il perdit presque un œil, il se donna tout entier dans cette lutte et, victorieux, méritait d'y succomber sans avoir jamais faibli.

Son existence, du reste, c'est une lutte joyeuse qui, des origines les plus modestes, le conduit aux plus hauts sommets. Quelle ascension fut la sienne! le simple élève de l'école primaire qui apprenait le métier d'ébéniste dans la maison paternelle disparaît au comble des honneurs scientifiques, et Dieu sait combien sont nombreuses et dures les étapes intermédiaires!

Après avoir fait la guerre de 1870 et opté pour la France, Albin Haller devient aide-préparateur à l'École supérieure de Pharmacie de Nancy; il est agrégé de cette école en 1879, professeur de Chimie à la Faculté des Sciences dans la même ville en 1885, et passe au même titre à la Sorbonne en 1899; il est reçu à bras ouverts dans notre Compagnie l'année

suivante. En dehors de l'enseignement, il occupe une place de plus en plus prééminente dans le domaine des Sciences chimiques pures et appliquées; on se le dispute dans les conseils et, pendant la guerre, on le maintient à la présidence du Comité des poudres, ce qui était presque remettre entre ses mains le sort de la Patrie. Toujours il est égal à ses fonctions, toujours simple et modeste parmi les honneurs qu'il reçoit et qu'amplement il mérite. Le fils du petit patron de Felleringen s'en va grand officier de la Légion d'honneur et entouré de la vénération générale; pouvait-il honorer davantage la mémoire de ceux qu'il aima, de ses parents et des pharmaciens éclairés qui lui ouvrirent la carrière?

La carrière de l'éminent chimiste est celle d'un apôtre, Albin Haller sut répandre et communiquer à autrui l'ardeur qui l'animait, alliant le goût passionné de la recherche pure aux puissances morales de l'organisateur, toujours servi par un talent hors de pair et la ténacité alsacienne.

Dans la recherche pure, il s'attache au problème difficile du camphre et sait en faire surgir tout un monde nouveau de composés chimiques. Au nombre de ceux-ci, les composés cyanés lui donnent une moisson particulièrement riche, et cela le conduit à l'étude des composés cyanés des séries grasse et aromatique d'où il tire deux groupes d'acides aberrants et, en collaboration avec des élèves ou des amis, la synthèse de divers corps, notamment, après Grimaux, une synthèse de l'acide citrique tenue par Schutzenberger pour une œuvre magistrale.

Dans le domaine de l'organisation il rêve d'associer la science à l'industrie afin de rénover cette dernière qui, chez nous, se meurt d'isolement à l'avantage de l'Allemagne. Ce fut là son idée de chevet, qu'il eut dès ses premières recherches lorsqu'il étudiait en vain les dérivées de l'anthracène pour y découvrir l'alizarine, et qui le guida plus tard dans ses travaux sur les matières colorantes et sur la série des parfums. Il voulut réaliser cette idée et la faire entrer dans la pratique en donnant à l'industrie des chimistes habiles et judicieusement instruits; de là une suite d'ardentes campagnes en faveur de sa création maîtresse, l'Institut chimique de Nancy, qui a servi de modèle aux instituts similaires éclos depuis en nombre auprès des Facultés de province; de là aussi cette impulsion qu'il a donnée à l'École municipale de Physique et de Chimie où il fut nommé directeur en 1905. Il a suscité un mouvement qui se développe de plus en plus et qui de plus en plus rendra des services à l'industrie, à la nation et à la science.

M. Haller disparaît, mais ses travaux et son œuvre organisatrice subsistent. Il pouvait et il a dû s'endormir en paix. Je l'ai contemplé sur son lit

de mort, ses traits étaient calmes et reposés, presque souriants, ceux d'un homme qui s'en va conscient d'avoir bien rempli sa tâche. Les Alsaciens sont doublement Français; par sa vie, par son cœur, Haller est au premier rang parmi les plus nobles fils de l'Alsace.

J'adresse à sa veuve et à ses enfants, les condoléances de l'Académie.

Je lève la séance publique en signe de deuil.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur quelques équations aux dérivées partielles de la théorie de la déformation des surfaces*. Note de M. E. **Goursat**.

1. On doit à M. Weingarten une élégante méthode qui ramène la détermination des surfaces admettant un élément linéaire donné à l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du second ordre d'une forme particulièrement simple. Cette transformation exige que l'on connaisse une solution particulière du problème. Dans un Mémoire ultérieur, couronné par l'Académie des Sciences en 1894, Weingarten a fait connaître une transformation plus générale; en partant d'une famille quelconque de courbes, déterminée uniquement par l'élément linéaire donné, on peut, au moyen de quadratures, former une équation aux dérivées partielles du second ordre dont l'intégration permettrait d'obtenir, par de simples quadratures, toutes les surfaces admettant l'élément linéaire donné. Les démonstrations de J. Weingarten ont été ensuite simplifiées par M. G. Darboux, qui en a donné une interprétation géométrique élégante. Ces transformations du problème paraissent au premier abord très générales, puisqu'elles dépendent d'une fonction arbitraire. Je me propose de montrer que *toutes les équations aux dérivées partielles que l'on obtient ainsi peuvent se ramener à une seule par des transformations de contact*. Je me servirai pour cela de l'interprétation géométrique de G. Darboux, en la complétant sur certains points [1].

---

[1] J. Weingarten, *Sur la théorie des surfaces applicables sur une surface donnée* (*Comptes rendus*, 112, 1891, p. 607 et 706); *Sur la déformation des surfaces* (*Acta mathematica*, 20, 1896, p. 159). — E. Goursat, *Sur un théorème de M. Weingarten et sur la théorie des surfaces applicables* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1re série, 5, 1891, p. 1). — G. Darboux, *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, 4, Livre VIII, Chap. XIII et XIV. — L. Bianchi, *Lezioni di Geometria differenziale* (2, Chap. XIX et XX). — A.-V. Bäcklund, *Ein Satz von Weingarten über auf einander abwickelbare Flächen* (*Lunds Universitets Arsskrift*, Bd 14, 1918, p. 1-53).

2. Soit S une surface admettant un élément linéaire donné

$$(1)\qquad ds^2 = E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2;$$

les coordonnées rectangulaires x, y, z du point $m(u, v)$ de cette surface sont des fonctions des deux paramètres u, v, qui satisfont aux relations classiques

$$(2)\qquad S\left(\frac{\partial x}{\partial u}\right)^2 = E, \qquad S\frac{\partial x}{\partial u}\frac{\partial x}{\partial v} = F, \qquad S\left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)^2 = G.$$

Considérons une congruence de droites tangentes à cette surface. Nous déterminerons la position de la droite de la congruence qui est tangente au point m de la surface par les angles qu'elle fait avec les courbes coordonnées (u) et (v) passant par ce point, ou, ce qui revient au même, nous représenterons les paramètres directeurs de la droite Δ tangente à S au point m de coordonnées (u, v) par

$$a\frac{\partial x}{\partial u} + b\frac{\partial x}{\partial v}, \qquad a\frac{\partial y}{\partial u} + b\frac{\partial y}{\partial v}, \qquad a\frac{\partial z}{\partial u} + b\frac{\partial z}{\partial v},$$

a et b étant des fonctions connues de u et de v. Les arêtes de rebroussement des développables de la congruence situées sur S s'obtiendraient par l'intégration d'une équation différentielle du premier ordre, mais il n'est pas nécessaire de les connaître pour la suite.

A un point m de S faisons correspondre un point M, obtenu en menant par l'origine une droite OM parallèle à la droite Δ de la congruence qui est tangente en m à S et portant sur cette droite une longueur $\rho = \mathrm{OM}$, fonction des paramètres u, v. On peut déterminer, d'une infinité de manières, cette fonction ρ de telle sorte que *la normale à la surface Σ lieu du point* M *soit parallèle au plan tangent en m à* S. En effet, les coordonnées du point M sont de la forme

$$(3)\quad X = \lambda\left(a\frac{\partial x}{\partial u} + b\frac{\partial x}{\partial v}\right), \quad Y = \lambda\left(a\frac{\partial y}{\partial u} + b\frac{\partial y}{\partial v}\right), \quad Z = \lambda\left(a\frac{\partial z}{\partial u} + b\frac{\partial z}{\partial v}\right),$$

tandis que les paramètres directeurs A, B, C de la normale à Σ doivent être de la forme

$$A = l\frac{\partial x}{\partial u} + m\frac{\partial x}{\partial v}, \qquad B = l\frac{\partial y}{\partial u} + m\frac{\partial y}{\partial v}, \qquad C = l\frac{\partial z}{\partial u} + m\frac{\partial z}{\partial v},$$

λ, l, m étant des fonctions inconnues de u et de v. La condition d'orthogonalité

$$A\,dX + B\,dY + C\,dZ = 0$$

se dédouble en deux conditions distinctes linéaires et homogènes en l, m. L'élimination du rapport $\frac{l}{m}$ conduit à une équation linéaire aux dérivées partielles du premier ordre en λ, que l'on peut écrire

$$(4) \qquad \mathrm{L}\frac{\partial\rho}{\partial u}+\mathrm{M}\frac{\partial\rho}{\partial v}=0,$$

ρ ayant la même signification que plus haut, les coefficients L et M, dont l'expression est assez compliquée dans le cas général, ne dépendent que des fonctions a, b, E, F, G et de leurs dérivées partielles. Par exemple, si la congruence est formée par les droites tangentes aux courbes $u=$ const., on peut prendre $a=0$, $b=1$, et l'équation (4) devient

$$(4)' \qquad \frac{\partial\rho}{\partial u}\left[2\mathrm{G}\frac{\partial\mathrm{F}}{\partial v}-\mathrm{G}\frac{\partial\mathrm{G}}{\partial u}-\mathrm{F}\frac{\partial\mathrm{G}}{\partial v}\right]-\frac{\partial\rho}{\partial v}\left[\mathrm{G}\frac{\partial\mathrm{E}}{\partial v}-\mathrm{F}\frac{\partial\mathrm{G}}{\partial u}\right]=0.$$

L'intégration de l'équation (4) se ramène à celle de l'équation différentielle

$$\mathrm{M}\,du-\mathrm{L}\,dv=0,$$

dont les courbes intégrales (K) sont les lignes de striction situées sur S des surfaces réglées de la congruence ([1]). La construction des surfaces Σ peut donc s'énoncer ainsi :

Par l'origine O *on mène une droite parallèle à la droite* Δ *de la congruence qui est tangente en* m *à la surface* S, *et l'on porte sur cette droite une longueur* OM *qui reste constante lorsque le point* m *décrit une courbe* (K), *et qui varie suivant une loi arbitraire quand on passe d'une courbe* (K) *à une autre.*

Les courbes (K) correspondent aux courbes de Σ situées sur des sphères concentriques à l'origine, ce qui conduit immédiatement à la propriété géométrique que nous venons de rappeler. Quand on se donne la congruence, la détermination des lignes de striction (K) exige l'intégration d'une équation différentielle du premier ordre. Mais inversement, si l'on se donne *a priori* les courbes (K), on peut obtenir *par des quadratures* les congruences correspondantes, et cette propriété joue un rôle essentiel dans la théorie de Weingarten. La démonstration donnée par G. Darboux se déduit facilement des propriétés géométriques de ces courbes (K).

3. Soient λ, l, m un système de solutions des équations précédentes. Les coefficients angulaires P, Q du plan tangent à la surface Σ sont donnés par

([1]) G. DARBOUX, *loc. cit.*, p. 345.

les relations

$$\frac{P}{l\frac{\partial x}{\partial u}+m\frac{\partial x}{\partial v}}=\frac{Q}{l\frac{\partial y}{\partial u}+m\frac{\partial y}{\partial v}}=\frac{-1}{l\frac{\partial z}{\partial u}+m\frac{\partial z}{\partial v}}=\mu, \tag{5}$$

et l'on voit aisément, par des combinaisons immédiates, que la valeur commune μ des rapports précédents est égale à

$$\mu=\frac{PX+QY-Z}{\lambda[alE+(bl+am)F+bmG]}=\frac{\sqrt{P^2+Q^2+1}}{\sqrt{El^2+2Flm+Gm^2}}. \tag{6}$$

Des relations (3), (5), (6) on peut déduire un système de *quatre* relations où ne figurent que X, Y, Z, P, Q, u, v, $\frac{\partial z}{\partial u}$, $\frac{\partial z}{\partial v}$:

$$\left\{\begin{aligned}
&X^2+Y^2+Z^2=\lambda^2(Ea^2+2Fab+Gb^2),\\
&\frac{PX+QY-Z}{\sqrt{P^2+Q^2+1}}=\frac{\lambda[alE+(bl+am)F+bmG]}{\sqrt{El^2+2Flm+Gm^2}},\\
&l\frac{\partial z}{\partial u}+m\frac{\partial z}{\partial v}+\frac{\sqrt{El^2+2Flm+Gm^2}}{\sqrt{P^2+Q^2+1}}=0,\\
&a\frac{\partial z}{\partial u}+b\frac{\partial z}{\partial v}=\frac{Z}{\lambda}.
\end{aligned}\right. \tag{7}$$

L'intégration de ce système constitue un *problème de Bäcklund*, que l'on peut remplacer par l'intégration d'un système de deux équations de Pfaff à six variables (¹). Supposons, par exemple, qu'on ait tiré des deux premières relations (7), u et v en fonction de X, Y, Z, P, Q; les deux dernières permettront d'exprimer $\frac{\partial z}{\partial u}$, $\frac{\partial z}{\partial v}$ au moyen des mêmes quantités, et l'on peut remplacer le système (7) par le système des deux équations de Pfaff

$$\left\{\begin{aligned}
&dZ=P\,dX+Q\,dY,\\
&dz=\frac{\partial z}{\partial u}du+\frac{\partial z}{\partial v}dv
\end{aligned}\right. \tag{8}$$

où figurent six variables X, Y, Z, P, Q, z. La condition d'intégrabilité de la seconde des équations (8) conduit évidemment à une équation de Monge-Ampère à laquelle doit satisfaire Z, considérée comme fonction des deux variables indépendantes X et Y. Cette équation E est une *résolvante de*

(¹) Voir mon Mémoire *Sur le problème de Bäcklund et les systèmes de deux équations de Pfaff* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3e série, 10, 1918, p. 65).

seconde espèce pour le système de Bäcklund (7). L'équation classique e à laquelle satisfait z considérée comme fonction des variables u, v est une autre résolvante de seconde espèce du même système et l'on passe de l'une de ces équations à l'autre par une transformation de Bäcklund B_3.

Pour obtenir l'équation de Weingarten elle-même, supposons que les courbes (K) de la congruence considérée soient les courbes (v). Alors ρ est une fonction de v, et l'on peut évidemment supposer $\rho = v$. Pour déduire l'équation de Weingarten de E, il suffira de prendre $v = \sqrt{x^2+y^2+z^2}$ pour inconnue, et de prendre pour variables indépendantes deux paramètres fixant la direction de OM, par exemple

$$u' = \frac{x}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}, \qquad v' = \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}.$$

4. Je me propose maintenant de montrer que deux équations (E), (E′) obtenues en partant de deux congruences de droites distinctes peuvent se ramener l'une à l'autre par une transformation de contact. Pour simplifier les formules, je supposerai qu'on a pris pour courbes coordonnées (u) et (v) les arêtes de rebroussement des développables des deux congruences situées sur S. Les formules qui donnent les coordonnées d'un point de Σ deviennent

$$(11) \qquad X = \lambda \frac{\partial x}{\partial v}, \qquad Y = \lambda \frac{\partial y}{\partial v}, \qquad Z = \lambda \frac{\partial z}{\partial v}$$

tandis que les paramètres directeurs de la normale à Σ sont

$$A = \frac{\partial x}{\partial u} + \alpha \frac{\partial x}{\partial v}, \qquad B = \frac{\partial y}{\partial u} + \alpha \frac{\partial y}{\partial v}, \qquad C = \frac{\partial z}{\partial u} + \alpha \frac{\partial z}{\partial v}.$$

La condition d'orthogonalité donne ici les deux relations

$$(12) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial \lambda}{\partial u}(F+\alpha G) + \dfrac{\lambda}{2}\left(\dfrac{\partial E}{\partial v} + \alpha \dfrac{\partial G}{\partial u}\right) = 0, \\ \dfrac{\partial \lambda}{\partial v}(F+\alpha G) + \lambda\left(\dfrac{\partial E}{\partial v} - \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial G}{\partial u} + \dfrac{\alpha}{2}\dfrac{\partial G}{\partial v}\right) = 0 \end{cases}$$

et l'élimination de α conduirait à l'équation (4), pour déterminer $\rho = \lambda\sqrt{G}$. Les valeurs de P et de Q sont ensuite données par les relations

$$(13) \qquad \frac{P}{\dfrac{\partial x}{\partial u} + \alpha \dfrac{\partial x}{\partial v}} = \frac{Q}{\dfrac{\partial y}{\partial u} + \alpha \dfrac{\partial y}{\partial v}} = \frac{-1}{\dfrac{\partial z}{\partial u} + \alpha \dfrac{\partial z}{\partial v}} = \mu.$$

Posons pour abréger

$$\varepsilon_1 = \frac{\partial x}{\partial u}, \quad \varepsilon_2 = \frac{\partial y}{\partial u}, \quad \varepsilon_3 = \frac{\partial z}{\partial u}, \quad \eta_1 = \frac{\partial x}{\partial v}, \quad \eta_2 = \frac{\partial y}{\partial v}, \quad \eta_3 = \frac{\partial z}{\partial v};$$

les formules (11) et (13) permettent d'exprimer X, Y, Z, P, Q au moyen de u, v et des six variables ε_i, η_i liées par les trois relations

$$\Sigma \varepsilon_i^2 = E, \quad \Sigma \varepsilon_i \eta_i = F, \quad \Sigma \eta_i^2 = G.$$

Nous pouvons imaginer, pour plus de symétrie, que de ces trois relations on ait tiré les expressions de ε_i, η_i au moyen de u, v et de trois autres paramètres indépendants θ_1, θ_2, θ_3. Les formules (11) et (13) donnent alors pour X, Y, Z, P, Q des fonctions des cinq variables indépendantes u, v, θ_1, θ_2, θ_3.

Des formules (13), on tire

$$P\,dX + Q\,dY - dZ = \mu \sum_{i=1}^{3} (\varepsilon_i + \alpha \eta_i)\, d(\lambda \eta_i);$$

en tenant compte des relations (12), il reste

$$P\,dX + Q\,dY - dZ = \mu\lambda \sum_{i=1}^{3} (\varepsilon_i + \alpha \eta_i)\, D(\eta_i)$$

en posant

$$D(\ ) = \frac{\partial}{\partial \theta_1} d\theta_1 + \frac{\partial}{\partial \theta_2} d\theta_2 + \frac{\partial}{\partial \theta_3} d\theta_3.$$

La somme $\Sigma \eta_i D(\eta_i)$ est nulle puisque $\Sigma \eta_i^2 = G$ ne dépend pas des θ_i. On a donc finalement

$$P\,dX + Q\,dY - dZ = \lambda\mu \Sigma \varepsilon_i D(\eta_i).$$

En considérant de même une surface Σ' déduite de la congruence formée par les droites tangentes aux courbes (v), ce qui revient à échanger les rôles des deux familles de courbes (u) et (v), on a, avec des notations analogues,

$$P'\,dX' + Q'\,dY' - dZ' = \lambda' \mu' \sum_i \eta_i D(\varepsilon_i).$$

Mais la somme $\Sigma \varepsilon_i \eta_i = F$ étant indépendante des θ_i, on a

$$\Sigma \eta_i D(\varepsilon_i) + \Sigma \varepsilon_i D(\eta_i) = 0,$$

et, par suite,

$$\lambda\mu(P' dX' + Q' dY' - dZ') + \lambda'\mu'(P dX + Q dY - dZ) = 0,$$

ce qui montre bien que l'on passe de l'équation aux dérivées partielles des surfaces Σ à l'équation aux dérivées partielles des surfaces Σ' par une transformation de contact.

En résumé, tous les systèmes de Bäcklund (7) que l'on peut déduire d'un élément linéaire se réduisent les uns aux autres par un changement des paramètres (u, v), combiné avec une transformation de contact, effectuée sur l'élément (X, Y, Z, P, Q). Les travaux de J. Weingarten ont fait connaître une résolvante de seconde espèce de ce système, mais il admet en outre deux *résolvantes de première espèce*, qui feront l'objet d'un autre travail.

ASTRONOMIE. — *Sur les équations, d'origines diverses, qui peuvent affecter les* Corrections de pendule *employées au* Bureau International de l'Heure (B. I. H.) *pendant les cinq années* 1920,0-1925,0. Note (¹) de M. **G. Bigourdan.**

L'organisation actuelle du B. I. H. date du 1er janvier 1920, et les corrections de pendule C_p, utilisées depuis lors, ont toutes été obtenues à l'Observatoire de Paris; elles ont été données une à une dans certaines publications de ce Bureau.

Ces C_p doivent être influencées par les diverses causes d'erreurs habituelles, d'origine physiologique, instrumentale, topographique, etc.; je voudrais essayer, par une discussion d'ensemble portant ainsi sur cinq années entières et consécutives, de dégager l'influence de quelques-unes de ces causes.

Les observateurs, les instruments qu'ils ont utilisés et les points d'installation (I, II, III, IV) de ces instruments, sont respectivement au nombre de 11, 7 et 4. Voici les abréviations employées pour les désigner :

Observateurs.

Abréviations.	Observateurs.	Abréviations.	Observateurs.	Abréviations.	Observateurs.
Br....	M. Brisse	**F**.....	M. Fatou	**M**....	M. Maneng
C.....	M. J. Chatelu	**H**....	Mme Hervé	**S**.....	M. Simonin
Ch....	Mme E. Chandon	**L**....	M. Lambert	**V**.....	M. Viennet
D.....	M. Derivière	**Le**...	M. l'abbé Lejai		

(¹) Séance du 27 avril 1925.

Tous les instruments, à l'exception de b, sont du type *droit* et munis d'un micromètre impersonnel, avec entraînement automatique du fil et enregistrement automatique sur le chronographe. L'instrument b est du type *coudé*, avec oculaire à un tourillon, sans entraînement automatique du fil. Le retournement de j ne se fait que de 15 en 15 jours environ, mais il se faisait tous les jours d'observation dans la période 1921 février-mars, qui est celle de la détermination de la longitude Paris-Nice; pour tous les autres on retourne l'instrument sur chaque étoile.

Les *équations personnelles* des observateurs, soit relatives, soit absolues, sont inconnues; mais d'autre part on sait qu'avec les micromètres impersonnels ces équations sont généralement très faibles.

Les observations peuvent être affectées de l'*équation de grandeur*, car les instruments, sauf j et p_2 n'ont rien qui permette d'uniformiser les éclats apparents.

Dans ces conditions défavorables, nous ne disposons que d'un seul terme de comparaison, savoir : les corrections demi-définitives (C'_p d. d.) de la pendule directrice, données pour chaque jour à $21^h 36^m (t, 9)$ dans le Tableau IV des publications du Bureau I. H., et obtenues par la méthode de discussion employée uniformément depuis l'origine (voir *Corrections*... de 1920, p. 30-31).

Ces valeurs de C'_p d. d. ne peuvent prétendre à une rigueur parfaite; mais comme elles sont basées sur toutes les observations dont nous avons disposé, faites par des observateurs divers, avec des instruments variés, différemment placés, elles peuvent être employées comme terme de comparaison, au moins comme *première approximation*. Telle est d'ailleurs notre hypothèse de départ. A ces C'_p d. d. j'ai comparé les corrections de pendules individuelles C'_p des observateurs, préalablement ramenées à t, 9 et au méridien de Greenwich; et nous avons formé algébriquement les différences ($C'_p - C'_p$ d. d.) ou O — C (*observation-calcul*).

Voici dans le Tableau I, les différences O — C ainsi obtenues : nous les donnons dans l'ordre des initiales qui désignent les observateurs, avec leur signe et en centièmes de seconde de temps. Les mois sont désignés aussi par leurs initiales, mais, au besoin, avec des indices pour distinguer ceux qui commencent par la même lettre : ainsi A_1 et A_2; — J_1, J_2 et J_3; — M_1 et M_2, désignent respectivement avril et août, — janvier, juin et juillet — mars et mai.

Ce Tableau I contient les comparaisons de *toutes* les observations, même de celles qui nous ont été données comme de poids $\frac{1}{2}$ (marquées d'un astérisque) ou de poids nul (deux astérisques).

TABLEAU I.

Br_{p_3}.	Br_{p_2}.	Br_{p_2}.	Br_{p_2}.	Br_{p_2}.	G_j.
1921.	1922.	1923.	1923.	1924.	1920.
N 9 +5	O 21 −5	M_2 17 +3	N 16 +1	M_2 30 +4	A_2 27 +2
11 −1	26 0	28 +2	19 −1	J_2 2 +3	30 −11*
11 +1	31 +1*	29 +7	D 3 +6*	5 +6	S 28 −2
17 −5	N 4 0	30 0	10 +6*	16 +5	29 −2
18 −6	9 +2	J_2 1 +6	19 +11*	20 +2	
23 −6	16 +4	5 −2		21 −5	G_{p_3}.
25 +3	21 +3	6 −2	1924.	25 −1	1921.
D 20 +1	23 +2	8 0	J_1 3 +8*	30 +2	
23 −1	25 −4	11 −2	5 +1	J_3 1 +2	A_2 6 +1
29 −6	D 14 −1	13 0	7 +7	5 +8	8 +3
1922.	19 +2	18 −2*	11 +4	7 +3	9 0
	1923.	20 0	12 −1	9 0	13 0
J_1 3 0		23 +1	15 +1	11 +6	24 0*
10 −3*	J_1 3 −3	26 +3	19 −1	21 +4	
12 −7*	6 +1	29 +2	21 +2*	24 −1	$Ch_{b'}$.
13 −6	11 +2	30 0	23 +2	31 −2	1922.
F 2 +6*	13 +1	J_3 3 +1	25 +4	A_2 5 +1	
7 0	16 −2	4 −3	26 −1*	8 −5	A_1 6 −7*
9 +5	23 0	5 +1	31 0	9 0	14 0*
11 −1	F 6 +1*	6 +2	F 1 +1	11 +1	20 +3*
14 +1	19 +5	9 +3	8 +5	O 8 +9	28 −5
21 +4	21 −3	11 +2	14 −8	10 0	M_2 2 +3
M_1 2 +4	22 −2	20 0	15 +2	11 0	5 +1
7 −9	23 +4*	21 −1	19 0	13 0*	8 +8
14 +2	M_1 10 +1*	26 +1	21 −1	14 −3	19 −4
16 −5	12 −1	27 +3	28 +2	25 −2	J_2 20 −1
16 −5	16 −1	A_2 1 −1	M_1 5 +2	27 −3	23 −8*
18 0	17 0	2 −2	6 +5	N 5 +3	29 −4
21 −2	20 +2	3 +1	8 +2	6 +1	J_3 1 +2*
25 +2	24 +2	7 −2	11 +7	7 0	6 +6
A_1 4 −1	26 +1	8 −3	13 +10	17 0	20 0
6 −5	27 −1	10 +2	15 +5	18 +5*	26 −1
14 +2*	28 +3	11 +5	18 +6	22 +3	29 0*
M_2 6 0	A_1 9 −3	O 5 −8*	31 +9	28 +10	31 −2
8 −10	10 +3	10 −3	A_1 5 +10	D 2 +2	A_2 7 −4
15 −7	11 +2	15 +1	14 +9	5 0	15 +2*
20 −1*	12 −3	17 +3	24 +3	6 −1	22 +2
23 0	14 +2	19 +7	M_2 1 +7	22 −3	26 −3
27 −2	16 −2*	22 −10	5 +6	23 +1	28 +3
J_2 11 0	17 −2	26 +1	9 +5		31 0
O 12 −9	19 +2	29 +2	13 +9	G_j.	N 15 −2*
13 −1	23 0	N 7 +1	16 +1		18 −3
14 −3	28 +4	12 +6	18 +8	1920.	21 −8
16 −1	M_2 16 +3	14 +1	26 +3	A_2 25 −4	23 +7

TABLEAU I (*suite*).

Ch$_{b'}$.	Ch$_{b'}$.	Ch$_{b'}$.	Ch$_{b'}$.	D$_b$.	D$_b$.
1922.	1923.	1924.	1924.	1920.	1920.
N 25 -3	J_3 20 -2	M_1 12 -2	A_2 6 -1	F 1 -3	J_2 11 +5
27 0*	21 0	14 -9*	8 +1	2 0	12 -4
D 8 -6	24 -1	17 0	9 +2	3 +3	14 -2
14 -4	26 -1	19 -5	11 +1	5 -2*	22 -3
19 0	A_2 1 -2	31 -1	13 -5	6 -1	24 -5
23+ 2	3 +1	A_1 7 -1	16 +2	7 -5	26 0
1923.	4 +5	9 -1*	17 +3*	8 -5	J_3 8 -2
J_1 3 -3	7 0	11 -5*	19 0	11 -1	10 -2
6 -3	8 -2	14 -7	23 -1*	15 +6	
10 -5	10 -1	16 +4	27 +3*	16 -3	**F$_j$.**
13 -4*	11 -2	17 -1	N 5 -8	17 +5	1920.
F 5-13*	13 0	18 -5	7 -8	19 -1	J_2 28 +1
9 -5	21 +2	23 -8	8 0	24 -3	J_3 2 0
12 -4*	23 +2*	24 0	10 -5	28 -3	13 +1
16 -2	24 0	25 +2*	17 -7	29 -1	15 +3
19 +1	30 +6	M_2 1 -4	18 0*	M_1 1 -5	16 +5
21 -2	O 16 0	5 +1	22 -1	3 +1	18 +4
23 -1	22 0	7 -1*	27 -2	4 -1	19 +1
26 -1	26 +5	9 -1	28 -6	5 -7	20 -7
M_1 12 -1	29 -9	13 -1	D 2-11	8 -3	24 +2
16 +1	N 7 -2	14-10*	17 -1	12 -3	27 +8
21 -1*	12 -4	16 -5	22 -4	15 +4*	29 0
26 -1	14 -2	21 0	23 -1	16 +1	A_2 4 +5
28 -2	17 0	26 +2	26 0	19 -2	6 0
A_1 4 -1	D 11 -2	27 -5	29 0	20 -7	7 -3
9 -2	15 -2	30 -1		22 -6	9 -2
11 0	23 -6	J_2 2 -6	**Ch$_{p_2}$.**	30 -9	11 -1
23 -4	29 -3	6 0	1923.	A_1 6 +5	12 -2
M_2 2 +1	1924.	10 -2	M_1 14 -3	8 -5	14 +4
4 0	J_1 5-12**	15 -4	A_1 14 +3	16 -5	16 +3
16 0	12-14**	23 -6	16 +3	21 -1	17 +6
30 0	15-12**	25 -4*	17 +1	24 -2	19 +8
J_2 1 -3	26 0*	26 +5		26 -5	20 +3
4 -3*	29 -1*	29 -2	**D$_b$.**	30-10	22 +5
6 +3	30 0	J_3 5 -9	1920.	M_2 4 -7	O 9 +3
8 0	F 12 -5*	7 -1	J_1 2 -4	7 -8	11 +4
11 +1	16 -5	9 -5	14 +1*	18-39**	12 +3
13 0	19 +1	12 +1	16 -5	21 -5	14 +2
18 +2	20 -1	13 -1	17 +2	22 -6	16 0*
20 +3*	M_1 5 -3	21 -1	21 +3	24 -4*	20 +8
29 -4	7 0	22 -2*	22 0	31 -6	21 +6
J_3 4 -1	8 +1	24 -1	23 0	J_2 2 0	23 0
9 +2	10 -2	31 -1	29 -1	7 -4	25 -3
11 +1	11 +1*	A_2 2 -2*		8 +2	26 -2
		5 +3		10 +1	

TABLEAU I (*suite*).

F_j.

1920.

O 27 0
29 −4
30 +2
N 3 −4
4 −1
6 +3
9 0
16 +6*
18 +2*
23 +5

1921.

F 4 +2
5 +5
11 +2
14 +1
M_1 2 +8
5 −4
7 +9
9 +1
11 +5
A_1 13 0
18 +1

H_{p_2}.

1920.

O 27 −2*
28 −7*
N 23 0*
D 11 +1

L_{p_1}.

1920.

M_2 10 +2*
18 +6
21 −1
22 +3
26 −1*
27 +3
30 +3*
31 +2
J_2 6 −1
7 −5

L_{p_1}

1920.

J_2 8 +1
10 −4*
12 +9*
14 0
15 +1

L_g.

1920.

J_2 21 +4*
22 −1
25 +1
26 +2
28 +1

L_j.

1921.

F 15 −1
19 −1
22 −2
23 +3
M_1 1 +4
3 +4
8 +3
10 +1
12 +2
A_1 18 −6*
19 +1
20 +2*

L_{p_2}.

1921.

J_3 1 +1
2 +3
4 − 3
6 +2*
7 −3
9 +1*
11 +2
19 +1
21 −1
23 +1
25 0

L_{p_2}.

1921.

J_3 28 −1
30 +1
A_2 1 0
3 −1*
5 +1

1922.

S 13 −1*
15 −1
16 0
20 −1
21 0
28 −1
29 −2

L_{g_2}.

1922.

F 2 −2
7 −6
9 −4
11 −2
25 −2
M_1 2 −5
4 0
7 −5

$L_{b'}$.

1922.

M_2 22 −1*
23 −9*

L_j.

1923.

M_2 3 +2
11 0*
14 −3
16 +2
28 −5
30 0
J_2 1 +3
4 +1
6 +3

L_j.

1923.

J_2 8 −1*
11 0
13 +1*
20 +2*
26 −2
29 −1
J_3 3 −1
5 −8
9 −3*
11 −2
21 0
24 0*
26 −4
S 25 +5
27 +5
O 2 −5
6 +2
11 0
13 −1
15 −6
17 +2
19 −4
22 +4
26 +5
29 +4
N 6 +1
12 −1
14 +3
17 +2
19 +2
30 +3
D 3 +2
28 +4

1924.

J_1 10 −3
12 +2
F 19 +4
M_1 6 −2
8 −1
15 −3
18 +3
31 −2
J_2 10 +4
30 +3

L_j

1924.

J_3 5 +4
7 +7
9 +2
12 −3
24 +1
S 19 +9
22 +1
29+11*
O 25 +3
27 +2
N 5 +7
7 +4
8 +9
D 2 +5
6 +1
22 +5
26+11

$Le_{b'}$.

1923.

N 6 +3
13 +7
16 0
30 −3
D 3 −8
10 −5
27 +1*

1924.

J_1 11−10**
31 +1
F 1 −3
8 +2
14 +6
21 +4*
M_1 6 −3
13 −1
15 +5
A_1 5 −1

M_g.

1920.

J_3 16−12*

M_g.

1920.

J_3 19 −3*
29 −7
A_2 4 −3*
6 −2*
7 −5*
8 −3*
9 −4*
11+11*
14 +2
16 −6*
17 −3*
20 −9
22 −5*
O 11 −6
12 0
14−11
20 −3
22−11
23 −5
24 +2*
26 +3
27 −4
29 −6
30 −8
N 4 −5*
6 −5
8−21
9 −2
18 +1*
20 −4
22 −5
23 −9*

1921.

J_1 5 −7
14−10
31 −4**
F 4 −7*
19 +3**
22−11**
23 −5**
M_1 1 −6**
2 −6**
5 +3**
7 −5**

TABLEAU I (*suite*).

M_g. 1921.

A_1	8	-10**
	9	-11**
	10	-5**
	11	-4**

M_{p_2}. 1922.

A_2	18	-8
	19	+3
S	6	-1
	7	-12

M_b. 1923.

M_2	1	-8
	3	-6
	5	-11
	17	-9
J_2	1	-6
	5	-11*
A_2	2	-2
	4	-3
	7	-7
	10	-4
	13	-4
	14	-4
	16	-3
	17	-5
	22	0
	29	-4*
S	1	-8
	5	-9
	6	-2
	7	-1
	8	-1
	10	-2
	12	+1
	24	-11*
	27	-11*
O	2	-2
N	12	-3
	16	-2
	30	-3

M_b. 1923.

D	15	-9

1924.

J_1	3	-6
	19	-9
	25	-5
	30	-3
F	1	-1
	8	-6
	19	-1
	21	-6*
	28	-4
M_1	6	-1
	8	-1
	10	-3
	12	-4
	14	-3
	17	-1*
	19	0
	31	-5
A_1	5	-4
	14	-3
	16	-5
	18	+1
	23	-3
	24	+4
M_2	1	-9
	5	-3
	7	-6
	13	-5
	16	-5
	26	-4
	30	+2
J_2	2	-8
	5	0
	16	-4
	20	-3
	23	-6
	25	-2
J_3	1	-2
	5	-6
	9	-4
	11	-3
S	3	0

M_b. 1924.

S	5	0*
	8	-1*
	10	-3
	13	-2*
	15	0*
	17	0
	19	-5
	22	-2
	26	-4*
	28	-1*
	29	+2*
O	6	-4*
	10	-1
	11	-4*
	14	-10*
	25	-9
N	7	-5
	10	-1
	16	-1
	18	0
	22	+3
	28	0
D	6	0

S_{p_2}. 1921.

F	11	-3
	14	-6
	15	-4
	19	-5
	22	-2
	23	-1
M_1	1	-3
	2	+4
	3	0
	5	-7
	7	-1
	8	0
	9	-2
	10	0
	11	+1
	12	-6

S_{g_2}. 1922.

F	1	-8
	8	-7
	20	-7
	22	-7
	24	-1*
	27	-2*
M_1	6	-2
	8	-9

$S_{b'}$. 1922.

M_2	16	+10

V_{g_2}. 1920.

J_1	2	-5
	14	0
	16	+5
	17	+3
	21	+2
	22	-1
	29	+6*
F	2	-2
	3	0
	6	+4
	7	+3
	11	+6*
	16	-3
	17	-3
	19	+3
	23	0
	24	0
	28	+2
M_1	1	+4*
	2	-2
	3	+1
	4	+4
	8	+6
	12	+1
	15	-1*

V_g. 1920.

M_1	16	0
	19	+5
	20	+2
	22	+5
	26	+2*
	30	+7
A_1	8	-2
	13	+1
	16	+5
	19	+3
	24	+5
	26	-4
	28	+7
	30	-2
M_2	4	+6
	5	0
	7	+2
	10	-2
	18	-4
	21	+3
	22	+4
	26	+5
	27	-6
	31	+3
J_2	7	+6
S	7	-1
	8	-10
	9	0
	11	0
	17	+1
	22	+1
	29	+1
O	4	+1
	9	-3
	11	-6
	14	-6
	22	-6
	23	0
	25	-2
	26	-2
	28	+3
	29	0
	30	+4
N	8	-9*
	9	+1

V_g. 1920.

N	16	-4
	18	-3
	20	-2
	22	-3
	23	-2
	25	0
D	3	+2
	11	0
	16	0*
	22	+1

1921.

J_1	8	-2
	14	+2
	31	-3
F	1	+3*
	4	0
	5	-3
	11	+3
	14	+2
	15	+1
	19	+1
	22	+2
	23	+4
M_1	1	-4
	2	-2
	3	-4
	5	-4
	7	+3
	8	+5
	9	+4
	10	-3
	11	+2
	12	+5
	21	-3
	22	-4
	23	+3
	25	+2
A_1	1	+2
	4	-1
M_2	2	0
	9	0
	10	+1
	20	+1
	21	+3

TABLEAU I (*suite*).

V_{g}.	V_{p_2}.	V_{p_2}.	V_{p_2}.	V_{p_2}.	V_{p_2}.
1921.	1921.	1921.	1922.	1922.	1923.
M_2 23 +1	S 6 +1	N 7 −1	M_1 8 +6	J_3 29 +4	S 27 +6
25 −1	7 −1	9 −8	15 +3	31 −3	29 −1*
31 −1*	8 −1	10 +1	17 +2	A_2 7 +3*	O 2 −5
J_2 7 −1	12 +3	18 +5	A_1 5 +5	16 −1	13 +2
8 0	14 −1	19 +2	20 −1	O 11 0	16 −1
10 +1	21 −2*	22 0	24 0	13 +2	30 +12
14 +5	23 0	23 −1	28 +1	14 0	N 13 +4
15 −13	24 −1	25 −3	M_2 2 +3	16 −1	17 +4
16 −9	26 +3	D 23 +9	5 0	18 +1	30 +3
17 −6	27 −5	24 −2	10 +2	23 +3	$V_{b'}$.
23 −2	29 +2	29 +4	16 +3	25 −2	1923.
24 −2	30 +1	1922.	19 0	N 22 −1	M_1 24 −10*
V_{p_2}.	O 3 0	J_1 13 +5	22 +7	27 +5*	27 +1
1921.	4 +1	16 0	24 +10	D 8 +2	29 0
A_1 12 +1	6 −2	30 0	J_2 23 +4	15 0	A_1 10 −2
13 +3	7 +1	F 1 +13*	29 +3	20 −4	12 +7
28 −1	13 +1	6 +3	30 −1	1923.	M_2 3 +3
29 +1	15 0	8 −1	J_3 1 +2	J_1 10 +1	5 +9
A_2 26 −1	17 −2	20 +1	6 0	F 5 +11*	17 +8
30 0	18 +2	22 +2*	7 −1	9 +5	J_2 5 +3
31 −1	24 0	24 +7*	18 0	S 6 +4	26 −1
S 2 +2*	25 −3	25 +6	19 −9*	8 +8*	J_3 3 +3*
	26 +2	27 −6*	20 0	25 +4	5 +8
		M_1 6 +3*	21 +5		

M. E.-L. **Bouvier** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé : *Les macroures marcheurs*.

M. C. **Camichel** fait hommage à l'Académie d'une série de photographies 30 × 40^{cm} montrant *la forme des filets liquides et la répartition des vitesses dans l'écoulement d'un fluide incompressible autour d'un obstacle*.

CORRESPONDANCE.

M. E. **André** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Économie rurale par le décès de M. *L. Maquenne*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Jean Delacour et Pierre Jabouille : *Recherches ornithologiques dans la province de Quangtri (centre Annam) et quelques autres régions de l'Indochine française.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'estimation de l'erreur commise dans l'application de la méthode de W. Ritz pour l'intégration approchée des équations différentielles.* Note de M. **Nicolas Kryloff**, transmise par M. Appell.

Malgré son incontestable importance la méthode de W. Ritz, tant appliquée ces derniers temps aux divers problèmes de la physique mathématique et de la science de l'ingénieur, ne donne aucun moyen d'apprécier le degré d'exactitude obtenu quand on s'arrête à une approximation comptant un nombre donné de termes. Ainsi pour juger de la valeur pratique de la méthode, on l'applique même quelquefois à l'étude des problèmes déjà résolus autrement et l'on compare les résultats [1].

Pour parer à ce défaut, qui présente un réel inconvénient, l'étude du degré effectif d'approximation s'impose et nous l'abordons ici en traitant pour la brièveté de l'exposition le cas du système

$$(1) \qquad \begin{cases} \dfrac{d^2y}{dx^2} + A(x)y = f(x), & \text{où } A(x) \leqq 0 \ (^2), \\ y(a) = y(b) = 0; \end{cases}$$

car il va de soi que les considérations suivantes, sauf de légers changements, s'appliquent immédiatement aux cas plus généraux, ainsi qu'aux équations aux dérivées partielles.

---

[1] Voir M. Paschoud, *Sur l'application de la méthode de W. Ritz*, etc. (Thèse), Gauthier-Villars, 1914, p. 33.

[2] Cette condition est essentielle dans la méthode de W. Ritz proprement dite ; le cas où elle n'est pas réalisée a été l'objet des travaux de MM. Lechtenstein, Plancherel et de l'auteur de la présente Note.

Ainsi soit $y(x)$ l'intégrale du système (1)

$$y_m = \sum_1^m a_i^{(m)} \varphi_i(x),$$

où $\varphi_i(a) = \varphi_i(b) = 0$, les suites minimantes de W. Ritz,

$$Y_m = \sum_1^m A_i^{(m)} \varphi_i(x)$$

la somme d'ordre m formée par exemple, à l'aide des méthodes de sommation de MM. H. Féjer et D. Jackson avec des fonctions $\varphi_i(x)$ facilement calculables (par exemple les sinus) pour l'approximation de $y(x)$; alors, comme on sait, on peut assigner l'ordre d'approximation non seulement de $|y - Y_m|$, mais encore de $\left|\frac{d^2y}{dx^2} - \frac{d^2Y_m}{dx^2}\right|$, si $\frac{d^2y}{dx^2}$ vérifie par exemple la condition de Lipschitz et ceci sûrement aura lieu quand les fonctions $A(x)$ et $f(x)$ intervenant dans (1) vérifient cette condition, assez admissible au point de vue de la science de l'ingénieur. Cela étant présentons au moyen de l'intégration par parties les conditions de minimum sous la forme

$$(2) \qquad \int_a^b \left[\frac{d^2(y-y_m)}{dx^2} + A(x)(y-y_m)\right] \varphi_n(x)\,dx = 0 \qquad (\text{où} \quad n \leqq m);$$

donc en multipliant (2) respectivement par $a_n^{(m)} - A_n^{(m)}$ et en faisant la somme on en tire

$$\int_a^b \left[\frac{d^2(y-y_m)}{dx^2} + A(x)(y-y_m)\right] (Y_m - y_m)\,dx = 0;$$

or $Y_m - y_m = Y_m - y + y - y_m$; donc en intégrant par parties on obtient aisément moyennant les conditions frontières imposées à $\varphi_i(x)$

$$\int_a^b \left\{\left[\frac{d(y-y_m)}{dx}\right]^2 - A(x)[y-y_m]^2\right\} dx$$
$$= \int_a^b \left[\frac{d^2(y_m-y)}{dx^2} + A(x)(y-y_m)\right](y_m-y)\,dx,$$

d'où, vu le signe de $A(x)$, l'inégalité de Bonniakowski-Schwartz et la remarque faite plus haut au sujet de l'approximation de $y(x)$ et de $\frac{d^2y}{dx^2}$ respectivement au moyen de Y_m et $\frac{d^2Y_m}{dx^2}$ on tire immédiatement

$$|y - y_m| < K\varepsilon_m,$$

où K est une constante numérique, $\lim_{m \to \infty} \varepsilon_m = 0$ et de plus *l'ordre de ε_m est fixé en correspondance avec les conditions restrictives imposées à* $A(x)$ *et à* $f(x)$, C. Q. F. D. Ceci présente aussi une autre manière de démontrer la convergence de l'algorithme de W. Ritz [car $\lim_{m \to \infty} \varepsilon_m = 0$, même quand $A(x)$ et $f(x)$ sont continues] et peut être généralisé, ce nous semble, pour bien d'autres procédés, basés sur le principe de minimum, pour l'intégration approchée des équations différentielles.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un problème de M. Émile Borel et les ensembles projectifs de M. Henri Lebesgue; les ensembles analytiques.* Note de M. **N. Lusin**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Communication faite au IV[e] Congrès international des Mathématiciens (Rome, avril 1908) M. É. Borel a dit : « Voici, pour donner une idée de mon point de vue, un problème qui me paraît être des plus importants dans la théorie arithmétique du continu : Est-il ou non possible de définir un ensemble E tel qu'on ne puisse nommer aucun élément individuel de cet ensemble E, c'est-à-dire le distinguer sans ambiguïté de tous les autres éléments de E. » On sait que l'ensemble des nombres absolument normaux n'est pas peut-être tout adéquat à ce problème, ainsi que tous les ensembles d'ordre métrique, d'ailleurs. Le but des considérations suivantes est de donner un ensemble E formé de points du segment (0, 1) et d'ordre descriptif, ensemble qui résout d'une manière exacte le problème de M. Émile Borel.

1. *Les ensembles analytiques.* — La théorie des ensembles analytiques a pris naissance dans le Mémoire de M. H. Lebesgue, *Sur les fonctions représentables analytiquement* paru dans le *Journal de Jordan,* 6[e] série, 1, p. 139. C'est la célèbre fonction non définissable analytiquement nommée par l'auteur sans l'emploi de l'Axiome du Choix et cependant au moyen de l'Axiome du Partage qui fut la véritable origine d'une série de recherches desquelles se dégagea la notion d'ensemble analytique.

En 1916, Souslin et moi, tenant à exécuter le programme de M. H. Lebesgue d'étude des *fonctions* les plus générales *qu'on peut nommer* (*loc. cit.*, p. 215), dès que nous nous sommes reconnu en présence d'une classe nouvelle d'ensembles, débordant la classe des ensembles mesurables B et cependant intimement liée aux séries de polynomes, nous avons trouvé la terminologie déjà faite par M. H. Lebesgue lui-même [1]. Dans les cadres limités de nos Notes des *Comptes*

(1) Citons textuellement ce passage de M. H. Lebesgue (*loc. cit.*, p. 165) :

« ... De ce qui sera démontré dans la suite, il résulte que les ensembles mesu-

rendus (¹) où l'on trouve tous les résultats principaux sur les ensembles analytiques énoncés, d'ailleurs, sans démonstrations, nous avons appelé les ensembles analytiques par le nom succinct d'*ensembles* (A). Souslin a suivi la méthode des indices qui remonte à M. H. Lebesgue (*loc. cit.*, p. 209) et moi je n'employais que des considérations purement géométriques. Mais il est important de remarquer que le premier exemple d'ensemble analytique non mesurable B qu'on rencontre dans la bibliographie mathématique, c'est un exemple que M. H. Lebesgue lui-même avait formé et employé comme un instrument transitoire au cours de la construction d'une fonction-individu échappant à tout mode de représentation analytique (*loc. cit.*, p. 213-214). A cause du rôle auxiliaire que cet ensemble joue là, l'illustre auteur, au cours de la construction d'une fonction non définissable analytiquement, a omis une analyse approfondie de cet ensemble, car elle paraissait superflue pour le but final.

La mort prématurée de Souslin et les difficultés de la communication internationale ont empêché de publier une exposition détaillée de la théorie des ensembles analytiques. C'est M. W. Sierpinski qui a trouvé d'une manière indépendante les démonstrations de toutes les propositions de cette théorie et les a publiées dans une série de travaux (parus notamment dans son journal *Fundamenta Mathematicæ*). La méthode qu'a suivi M. W. Sierpinski est encore celle des indices.

Une des idées fondamentales que nous devons à M. É. Borel c'est la notion d'une fonction définie au moyen d'une infinité dénombrable d'éléments (*Leçons sur la théorie des fonctions*, première édition, 1898, Note I, p. 109, et Note III, p. 126) : tel est le cas des fonctions continues, et aussi des fonctions discontinues seulement pour une infinité dénombrable de valeurs de la variable (fonctions dénombrablement discontinues). C'est une idée qui joue un rôle tout à fait essentiel dans la théorie géométrique des ensembles analytiques (²).

---

rables B sont ceux qui peuvent être définis par des égalités ou inégalités analytiques; pour cette raison ils mériteraient d'être nommés *ensembles analytiques*. »

La proposition inverse (c'est-à-dire que tout ensemble défini par des égalités ou inégalités analytiques est un ensemble mesurable B) n'a jamais été énoncée par lui : M. H. Lebesgue n'avait pas écrit une seule phrase, une allusion simple sur la possibilité de cette inversion.

(¹) Souslin, *Sur une définition des ensembles mesurables* B *sans nombres transfinis;* ma Note : *Sur la classification de M. Baire*, 164, 1917, p. 88 et 91.

(²) Je ne sais pas si la conception de M. É. Borel d'une *fonction définie par une infinité dénombrable de conditions* est adéquate à celle d'une *fonction qu'on peut nommer* de M. H. Lebesgue : on ne connaît actuellement aucune fonction nommable qui ne soit définissable par une infinité dénombrable de conditions; pratiquement, toutes les fois que les mathématiciens ont constaté l'existence d'une fonction-individu, ils ont su la définir avec une infinité dénombrable de conditions. C'est là un fait important : nous verrons que la fonction même non définissable analytiquement qui a été nommée par M. H. Lebesgue au moyen du Partage transfini est une fonction définie par une infinité dénombrable de conditions de la même façon que l'est toute fonction continue.

Soit $\mathcal{E}$ un espace euclidien à m dimensions. *Nous appelons* ensemble analytique dans $\mathcal{E}$ *le lieu des positions successives d'un point mobile* M $(x_1, x_2, \ldots, x_m)$ *dont les coordonnées sont des fonctions dénombrablement discontinues d'un paramètre variable t définies dans le domaine* $D = (0 < t < 1) : x_1 = f_1(t), x_2 = f_2(t), \ldots, x_m = f_m(t)$. D'ailleurs, on n'élargit nullement la définition donnée d'ensemble analytique en prenant pour $f_i(t)$ des fonctions arbitraires de la classification de M. R. Baire : on démontre aisément que de tels ensembles sont tous analytiques au sens donné. Il résulte de la définition même d'ensemble analytique que tout ensemble analytique de points dans l'espace à m dimensions est définissable au moyen de m séries simples de polynomes qui convergent *absolument* vers les $f_i(t)$ pour toute valeur de t dans D : de là le nom *d'ensemble analytique*. Si les fonctions $f_i(t)$ sont telles qu'à deux valeurs différentes de t correspondent deux points différents dans l'espace $\mathcal{E}$, l'ensemble analytique E est nécessairement mesurable B, et inversement tout ensemble de points dans l'espace $\mathcal{E}$ qui est mesurable B et non dénombrable peut être obtenu de cette manière. Il en résulte que l'ensemble analytique dans l'espace à $m+1$ dimensions défini par les égalités $x_1 = f_1(t), x_2 = f_2(t), \ldots, x_m = f_m(t), x_{m+1} = t$ est toujours mesurable B, donc :

Tout ensemble analytique dans l'espace à m dimensions est la projection orthogonale d'un ensemble mesurable B *situé dans l'espace à* $m+1$ *dimensions.*

La proportion inverse est encore vraie :

La projection orthogonale d'un ensemble mesurable B *situé dans l'espace à m dimensions sur un espace à* m' *dimensions,* $m' < m$, *est un ensemble analytique.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la distribution des écarts quadratiques moyens dans les observations sur les quantités à distribution normale.* Note [1] de M. V. **Romanovsky**, présentée par M. Émile Borel.

I. Considérons deux quantités x et y dont la distribution ou la loi des probabilités des valeurs est normale, c'est-à-dire est donnée par $\lambda e^{-\theta(x)}$, où

$$\lambda = \frac{1}{2\pi\sqrt{\mu_x\mu_y(1-r^2)}},$$

$$\theta(x) = \frac{1}{2(1-r^2)}\left[\frac{(x-x_0)^2}{\mu_x} - \frac{2r(x-x_0)(y-y_0)}{\sqrt{\mu_x\mu_y}} + \frac{(y-y_0)^2}{x_y}\right],$$

$$x_0 = \mathrm{E}(x), \quad y_0 = \mathrm{E}(y), \quad \mu_x = \mathrm{E}(x-x_0)^2, \quad \mu_y = \mathrm{E}(y = y_0),$$

$$r = \frac{\mathrm{E}(x-x_0)(y-y_0)}{\sqrt{\mu_x\mu_y}},$$

r étant le coefficient de corrélation de x et y, et E désignant l'espérance mathématique.

---

[1] Séance du 16 mars 1925.

Soient x_i, y_i ($i=1, 2, \ldots, s$) s couples de valeurs de x et y données par s observations quelconques et

$$\overline{x}=\frac{1}{s}\Sigma x_i,\qquad \overline{y}=\frac{1}{s}\Sigma y_i,\qquad \overline{\mu}_x=\frac{1}{s}\Sigma(x_i-\overline{x})^2,\qquad \overline{\mu}_y=\frac{1}{s}\Sigma(y_i-\overline{y})^2$$

les moyennes et les écarts quadratiques moyens de x_i et y_i.

Le but de cette Note est d'indiquer une méthode nouvelle pour la recherche de la loi de distribution de $\overline{\mu}_x$ et $\overline{\mu}_y$ dans les séries d'observations analogues à celles considérées plus haut et de trouver cette loi.

II. En posant

$$(1)\quad \varphi(\alpha, \beta)=\lambda^s\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\cdots\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\Sigma\theta(x_i)+\alpha\overline{\mu}_x+\beta\overline{\mu}_y}\,dx_1\,dy_1\,dx_2\,dy_2\ldots dx_s\,dy_s,$$

il est aisé de voir que

$$M_{hk}\equiv E(\overline{\mu}_x^h\overline{\mu}_y^k)=\left[\frac{d^{h+k}\varphi(\alpha, \beta)}{d\alpha^h\,d\beta^k}\right]_{\alpha=\beta=0}.$$

Donc la fonction $\varphi(\alpha, \beta)$ est la génératrice des moments M_{hk}. En évaluant l'intégrale multiple dans (1) on trouve

$$(2)\qquad \varphi(\alpha, \beta)=\left[\left(\frac{1}{\rho}-\frac{2\mu_x\rho}{s}\alpha\right)\left(\frac{1}{\rho}-\frac{2\mu_y\rho}{s}\beta\right)-\frac{r^2}{\rho^2}\right]^{-\frac{s-1}{2}},$$

où $\rho=\sqrt{1-r^2}$ et d'où l'on tire

$$(3)\quad M_{hk}=\frac{h!\,k!}{s^{h+k}}\mu_x^h\mu_y^k\sum_{p=0}^{c}(-2)^p\frac{(s-1)(s+1)\ldots(s+2h+2k-2p-3)}{(h-p)!\,(k-p)!\,p!}\rho^{2p},$$

c étant le plus petit des nombres h et k.

Soit maintenant $f(\xi, \eta)$ la loi de distribution des quantités $\xi=\overline{\mu}_x$, $\eta=\overline{\mu}_y$. Alors on doit avoir

$$\left[\frac{\partial^{h+k}}{\partial\alpha^h\,\partial\beta^k}\int_0^\infty\int_0^\infty f(\xi, \eta)\,e^{\alpha\xi+\beta\eta}\,d\xi\,d\eta\right]_{\alpha=\beta=0}=M_{hk},$$

donc $f(\xi, \eta)$ est définie par l'équation intégrale

$$(4)\qquad \int_0^\infty\int_0^\infty f(\xi, \eta)\,e^{\alpha\xi+\beta\eta}\,d\xi\,d\eta=\varphi(\alpha, \beta).$$

La solution continue unique de cette équation est

$$f(\xi,\eta)=\frac{(AB-C^2)^{\frac{s-1}{2}}}{\Gamma^2\left(\frac{s-1}{2}\right)}e^{-A\xi-B\eta}(\xi\eta)^{\frac{s-3}{2}}L_s(C^2\xi\eta), \tag{5}$$

$$\left\{\begin{aligned} &A=\frac{s}{2\mu_x\rho^2}, \qquad B=\frac{s}{2\mu_y\rho^2}; \qquad C=\frac{sr}{2\rho^2\sqrt{\mu_x\mu_y}},\\ &L_s(C^2\xi\eta)=1+\sum_{h=1}^{\infty}\frac{1}{h!}\,\frac{(2C^2\xi\eta)^h}{(s-1)(s+1)\ldots(s+2h-3)}; \end{aligned}\right. \tag{6}$$

$L_s(C^2\xi\eta)$ est une fonction entière de ξ et η.

III. Soient encore $u=\bar{\sigma}_x=\sqrt{\mu_x}$, $v=\bar{\sigma}_y=\sqrt{\mu_y}$ les erreurs moyennes des valeurs observées de x et y. On peut voir que leur loi de distribution est

$$\Phi(u,v)=\frac{4(AB-C^2)^{\frac{s-1}{2}}}{\Gamma^2\left(\frac{s-1}{1}\right)}e^{-Au^2-Bv^2}(uv)^{s-2}L_s(C^2u^2v^2). \tag{7}$$

En posant

$$N_{hk}=E(\bar{\sigma}_x^h\bar{\sigma}_y^k) \qquad (h,k=0,1,2,\ldots),$$

on voit tout de suite que

$$\begin{aligned} N_{hk}&=\int_0^\infty\int_0^\infty u^h v^k\,\Phi(uv)\,du\,dv\\ &=\rho^{s+h+k-1}\frac{\Gamma\left(\frac{s+h-1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{s+k-1}{2}\right)}{\Gamma^2\left(\frac{s+1}{2}\right)}\\ &\quad\times\left(\frac{2\mu_x}{s}\right)^{\frac{h}{2}}\left(\frac{2\mu_y}{s}\right)^{\frac{k}{2}}F\left(\frac{s+h-1}{2},\frac{s+k-1}{2},\frac{s-1}{2},r^2\right), \end{aligned}$$

où F est le signe d'une fonction hypergéométrique. En lui appliquant la transformation bien connue d'Euler, on simplifiera l'expression de N_{hk} :

$$N_{hk}=\frac{\Gamma\left(\frac{s+h-1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{s+k-1}{2}\right)}{\Gamma^2\left(\frac{s-1}{2}\right)}\left(\frac{2\mu_x}{s}\right)^{\frac{h}{2}}\left(\frac{2\mu_y}{s}\right)^{\frac{k}{2}}F\left(-\frac{h}{2},-\frac{k}{2},\frac{s-1}{2},r^2\right). \tag{8}$$

A l'aide de (8) et des transformations des fonctions hypergéométriques

on trouve les formules récurrentes

$$(9)\quad \begin{cases} N_{hk} = \dfrac{s+h+k-3}{s}\mu_y N_{h,k-2} - \dfrac{h(s+h-3)}{s^2}\rho^2\mu_x\mu_y N_{h-2,k-2}, \\ N_{hk} = \dfrac{s+h+k-3}{s}\mu_x N_{h-2,k} - \dfrac{k(s+k-3)}{s^2}\rho^2\mu_x\mu_y N_{h-2,k-2}. \end{cases}$$

En remarquant que $M_{ab} = N_{2a,2b}$ (a, b entiers positifs), on déduit de (8) :

$$M_{ab} = \frac{\Gamma\left(\frac{s+2a-1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{s+2b-1}{2}\right)}{\Gamma^2\left(\frac{s-1}{2}\right)}\left(\frac{2\mu_x}{s}\right)^a\left(\frac{2\mu_y}{s}\right)^b$$

$$\cdot\left[1 + \frac{ab}{s-1}\,\frac{2r^2}{1} + \frac{a(a-1)\,b(b-1)}{(s-1)(s+1)}\,\frac{(2r^2)^2}{2!} + \ldots\right],$$

expression qui peut être réduite à la forme (3).

MÉCANIQUE. — *Sur la théorie de la structure fine et le principe d'égalité de l'action et de la réaction.* Note de M. **R. Dugas**, présentée par M. L. Lecornu.

I. Considérons un système de points, de coordonnées rectangulaires x_i, y_i, z_i, de masses $m_i = m_{0i}\varphi_i(v_i)$ fonctions des vitesses v_i; posons

$$\mathcal{T} = \sum_i \int m_i v_i \, dv_i;$$

soit U la fonction des forces du système qui peut dépendre :

1° Des $3(n-1)$ différences linéairement indépendantes

$$x_1 - x_2, \quad \ldots, \quad x_1 - x_n; \quad y_1 - y_2, \quad \ldots, \quad y_1 - y_n; \quad z_1 - z_2, \quad \ldots, \quad z_1 - z_n;$$

2° Des dérivées x'_i, y'_i, z'_i de x_i, y_i, z_i par rapport au temps t;

3° Du temps. Les équations du mouvement du système se déduisent du principe d'Hamilton :

$$(1)\quad \delta\int_{t_1}^{t_2}(\mathcal{T} + \mathrm{U})\,dt = 0.$$

Aux $3(n-1)$ différences de coordonnées ci-dessus, on peut adjoindre comme variables trois formes linéaires X, Y, Z en x_i, y_i, z_i linéairement indépendantes de ces différences. On obtient alors les intégrales premières

$$(2)\quad \frac{\partial(\mathcal{T}+\mathrm{U})}{\partial \mathrm{X}'} = \text{const.}, \qquad \frac{\partial(\mathcal{T}+\mathrm{U})}{\partial \mathrm{Y}'} = \text{const.}, \qquad \frac{\partial(\mathcal{T}-\mathrm{U})}{\partial \mathrm{Z}'} = \text{const.}$$

En particulier, X, Y, Z peuvent être les coordonnées du centre des masses au repos du système

$$X = \frac{\Sigma m_{0i} x_i}{\Sigma m_{0i}}, \qquad Y = \frac{\Sigma m_{0i} x_i}{\Sigma m_{0i}}, \qquad Z = \frac{\Sigma m_{0i} x_i}{\Sigma m_{0i}} \qquad (m_{0i} \text{ const.} > 0).$$

II. M. G.-C. Darwin ([1]) étudie un système de ce type, composé de deux points $m(x_1, y_1)$ (électron) et $M(x_2, y_2)$ (noyau), de masse variant suivant la loi de la relativité restreinte, de masses au repos m_0 et M_0 et le potentiel zéro étant le « potentiel retardé » vérifiant l'équation des ondes dont l'expression, rapportée aux charges $-e$ et E, a été donnée par M. A. Liénard ([2]). Si X et Y sont les coordonnées du centre des masses au repos du système, M. Darwin suppose, en outre, que les constantes des seconds membres des équations (2) sont nulles ([3]). Quand on ne conserve que les termes en $\frac{1}{c^2}$ (c, vitesse de la lumière dans le vide), approximation qui sera admise dans tout ce qui suit, les coordonnées X et Y s'éliminent et les fonctions $\mathcal{F}$ et U s'écrivent :

$$(3) \quad \left\{ \begin{aligned} \mathcal{F} &= \frac{1}{2} \frac{M_0 m_0}{M_0 + m_0} (\xi'^2 + \eta'^2) + \frac{1}{8c^2} \frac{M_0 m_0}{M_0 + m_0} \frac{M_0^2 - M_0 m_0 + m_0^2}{(M_0 + m_0)^2} (\xi'^2 + \eta'^2)^2, \\ U &= \frac{eE}{r} + \frac{eE m_0 M_0}{2c^2 (m_0 + M_0) r^3} [r^2 (\xi'^2 + \eta'^2) + (\xi\xi' + \eta\eta')^2] \\ & \qquad (\xi = x_1 - x_2, \quad \eta = y_1 - y_2, \quad r = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}). \end{aligned} \right.$$

Au point de vue de la théorie des quanta, si n' et n sont les nombres quantiques relatifs aux coordonnées r et θ ($\xi'^2 + \eta'^2 = r'^2 + r^2\theta'^2$), l'énergie W du système s'écrit

$$(4) \quad W = -\frac{2\pi^2 e^2 E^2}{h^2} \frac{M_0 m_0}{M_0 + m_0} \frac{1}{(n + n')^2} \left\{ 1 + \frac{\left(\frac{2\pi e E}{ch}\right)^2}{(n + n')^2} \left[\frac{1}{4} + \frac{n'}{n} + \frac{1}{4} \frac{M_0 m_0}{(M_0 + m_0)^2} \right] \right\}.$$

Le dernier terme (souligné) représente la correction apportée par l'entraînement du noyau, indépendamment de la modification à la constante de Rydberg qui résulterait de la dynamique ordinaire.

III. Si, rien n'étant changé par ailleurs, on substitue au potentiel retardé le potentiel newtonien ordinaire, on aperçoit immédiatement que le pro-

---

([1]) *Philosophical Magazine*, 39, 1920, p. 537.

([2]) *L'Éclairage électrique*, 16, 1898, p. 5.

([3]) A la limite, pour c infini, ceci revient à utiliser un système de référence où le centre de gravité du système est au repos.

blème des deux corps est ramené au problème de l'électron unique de masse variable, le noyau étant fixe.

Dans cette réduction, l'électron unique a une masse au repos μ_0

$$\left(\mu_0 = \frac{m_0 M_0}{m_0 + M_0}\right)$$

et la vitesse de la lumière devient c' définie par

$$\frac{1}{C'^2} = \frac{1}{C^2}\left[1 - \frac{3 m_0 M_0}{(m_0 + M_0)^2}\right].$$

On peut écrire alors immédiatement l'énergie W du système d'après ce que l'on sait du cas du noyau fixe :

$$(5)\quad W = -\frac{2\pi^2 e^2 E^2}{h^2}\mu_0 \frac{1}{(n+n')^2}\left\{1 + \frac{\left(\frac{2\pi e E}{ch}\right)^2}{(n+n')^2}\left(\frac{1}{4} + \frac{n'}{n}\right)\left[1 - \frac{3 m_0 M_0}{(m_0 + M_0)^2}\right]\right\}.$$

Cette formule permet de séparer dans la formule (4) la partie qui provient, dans la correction de M. Darwin, du potentiel retardé et celle qui provient de la variation de la masse.

IV. Au point de vue théorique, le système considéré par M. Darwin ne vérifie pas le principe de l'égalité de l'action et de la réaction, comme on le voit aisément en appliquant à ce système l'analyse de A. Mayer (¹) : la somme géométrique des forces appliquées à chaque instant aux points m et M est nulle, mais leur moment résultant est différent de zéro.

Au contraire le système considéré au paragraphe III ainsi que d'ailleurs tout système de deux points où la fonction des forces ne dépend que de r et de r' vérifie le principe d'égalité de l'action et de la réaction ou plutôt, d'une manière plus précise, l'extension de ce principe qui a été indiquée par M. Painlevé (²) dans le cas des masses variables.

V. On sait que l'interprétation des expériences de « structure fine » à l'aide de la théorie des quanta constitue une preuve indirecte de la variabilité de la masse de l'électron.

(¹) *Mathematische Annalen*, 13, 1878, p. 20.

(²) *Les axiomes de la Mécanique*, p. 108. M. Painlevé suppose l'existence de deux masses, longitudinale et transversale, séparément arbitraires. Ici la « force » est égale géométriquement à $\frac{d}{dt}\left[m(v).\vec{v}\right]$ et les deux masses sont liées par une relation immédiate.

L'expérience actuelle ne permet pas ([1]) de déceler la correction de M. Darwin qui est de l'ordre de la $\frac{1}{1800}$ partie du terme de la structure fine, dans le cas de l'hydrogène. Elle ne permet donc pas non plus de discriminer les deux systèmes considérés et de vérifier, par conséquent, si l'ensemble du noyau et de l'électron satisfait à un principe d'action et de réaction.

HYDRAULIQUE. — *Sur la similitude des fluides visqueux.* Note ([2]) de MM. **L. Escande** et **M. Ricaud**, présentée par M. Rateau.

Dans cette Note, laissant de côté la similitude des fluides parfaits, régie par la loi de Reech-Froude ([3]), nous avons continué certains travaux concernant la viscosité entrepris par M. C. Camichel.

I. Ceux-ci ([4]) montrent que, pour les vitesses faibles, à la poupe d'un corps immergé se produisent des mouvements non turbulents variables avec la vitesse moyenne du fluide. Par exemple, le point P, extrémité aval de la zone des tourbillons, se rapproche du corps immergé à mesure que la vitesse moyenne du fluide diminue.

Il y a intérêt à rechercher si la loi de Reynolds s'applique à la distribution des vitesses autour du corps immergé lorsqu'on fait varier la viscosité du fluide étudié.

Nous avons opéré sur l'eau et sur trois qualités d'huile : l'huile n° 1 dont le coefficient cinématique de viscosité $\frac{\mu}{\rho} = 1,51$, huile n° 2 pour laquelle $\frac{\mu}{\rho} = 0,605$ et huile n° 3 pour laquelle $\frac{\mu}{\rho} = 4,10$, en C. G. S., à 9° C., température à laquelle ont été exécutées toutes les expériences de cette Note.

L'écoulement avait lieu dans un tube de section carrée ayant $4 \times 4^{\text{cm}}$; on le réglait de façon à obtenir, quel que soit le fluide employé, la même forme des filets liquides, et la même position du point P. On réalisait donc un rapport de similitude égal à 1. On a vérifié, dans ces conditions, que les vitesses des points homologues des deux milieux sont, conformément à la théorie, dans le rapport des coefficients cinématiques de viscosité correspondants. Les divergences ne dépassent pas 6 pour 100, alors que les rapports des coefficients cinématiques de viscosité atteignent 300.

([1]) Sommerfeld, *Les atomes et les raies spectrales*, p. 568, t. 2 de la traduction française (Blanchard).

([2]) Séance du 6 avril 1925.

([3]) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1180; **178**, 1924, p. 752 et 1516; **180**, 1925, p. 99.

([4]) *Technique moderne*, 16, 1er mars 1924, p. 129.

La loi de Reynolds s'applique donc exactement. Ces résultats peuvent être utilisés dans la pratique; par exemple, pour déduire des mesures faites sur l'eau les coefficients concernant des corps de viscosité différente, comme par exemple les huiles de pétrole.

II. L'application simultanée de la loi de Reynolds et de celle de Reech (¹) montre qu'en donnant aux dimensions homologues de deux modèles le rapport λ égal au rapport des coefficients cinématiques de viscosité élevé à la puissance 2/3, on réalise la similitude des deux mouvements comparés.

Nous l'avons vérifié en étudiant la vidange d'un réservoir de diamètre D par un tube cylindrique de diamètre d.

a. Comparaison de l'huile n° 2 et de l'huile n° 3 :

On a, pour l'huile n° 2,

$$D_2 = 8^{\text{cm}}, \qquad d_2 = 0^{\text{cm}},31,$$

et, pour l'huile n° 3,

$$D_3 = 28^{\text{cm}},4, \qquad d_3 = 1^{\text{cm}},1.$$

Les volumes recueillis en des temps dans un rapport $\sqrt{\lambda}$ doivent être dans un rapport λ^3. On a trouvé :

$$\frac{\text{volume de l'huile n° 3}}{\text{volume de l'huile n° 2}} = 44,2,$$

alors que $\lambda^3 = 44,7$.

b. Comparaison de l'eau et de l'huile n° 2 :

On a, pour l'eau,

$$D = 2^{\text{cm}},25, \qquad d = 0^{\text{cm}},069,$$

et, pour l'huile n° 2,

$$D'_2 = 28^{\text{cm}},4, \qquad d'_2 = 0^{\text{cm}},86.$$

On a trouvé :

$$\frac{\text{volume de l'huile n° 2}}{\text{volume de l'eau}} = 1900,$$

alors que $\lambda^3 = 1950$.

III. On sait que, dans les mouvements irrotationnels des fluides visqueux, Δ_u, Δ_v, Δ_w sont nuls; l'écoulement doit donc être indépendant de la viscosité. Nous avons cherché à vérifier ce résultat.

Comme, dans un vase, le mouvement à potentiel des vitesses semble impossible, nous avons étudié la vidange d'un récipient, muni d'un orifice à mince paroi de faible diamètre, afin de nous rapprocher des conditions d'appel d'un liquide dans un milieu indéfini. Il faut toutefois remarquer que les dimensions de l'orifice ne doivent pas être non plus trop réduites, car alors l'influence des parois de cet orifice intervient.

Nous avons adopté, tout d'abord, un orifice horizontal à mince paroi, de dia-

(¹) L. Escande, *Considérations générales sur la similitude dynamique des fluides incompressibles:* Privat, 1923.

mètre $1^{cm},5$ percé dans la partie inférieure d'un vase cylindrique de diamètre $28^{cm},4$. Sous une charge initiale de $71^{cm},5$, nous avons recueilli en 30 secondes : avec l'eau, $12^{l},75$; avec l'huile n° 3, $12^{l},97$.

D'autres expériences, portant sur un orifice de 3^{mm} de diamètre, percé dans un vase de 8^{cm} de diamètre, ont indiqué, au contraire, une divergence de l'ordre de 30 pour 100, entre l'huile n° 3 et l'eau. Cette divergence paraît due à l'influence prépondérante des parois de l'orifice.

MAGNÉTISME. — *Sur le sesquioxyde de fer magnétique*. Note de MM. **Henri Abraham** et **René Planiol**, présentée par M. Jean Perrin.

Le sesquioxyde de fer rouge (colcotar) n'est pas ferromagnétique. On sait cependant depuis longtemps que l'on peut obtenir des sesquioxydes plus ou moins magnétiques dans la calcination de certains sels ferriques.

Au cours de recherches sur l'isolement des corps ferromagnétiques, nous avons eu l'occasion d'effectuer la transformation systématique du colcotar en un sesquioxyde fortement ferromagnétique.

Le sesquioxyde rouge non magnétique est d'abord réduit vers 500° par de l'hydrogène ou de l'oxyde de carbone. A cette température, la réaction est rapide et s'arrête pratiquement d'une façon complète quand le produit solide est une magnétite Fe^3O^4. Avec l'oxyde de carbone, le rendement est de 100 pour 100, tout l'oxyde de carbone est transformé en gaz carbonique, et la poudre noire obtenue est de la magnétite pure.

Sans être pyrophorique, cette magnétite extrêmement divisée est très oxydable, mais l'oxydation peut donner à volonté du sesquioxyde rouge ou la variété ferromagnétique du sesquioxyde.

Pour obtenir la variété non magnétique, il suffit d'allumer dans l'air la magnétite pulvérulente, elle brûle comme de l'amadou et donne du colcotar non magnétique.

En chauffant au contraire cette magnétite dans un courant d'air à 200-250°, l'oxydation se produit lentement et sans incandescence. Dans ces conditions on ne revient pas au colcotar. Le produit obtenu est une poudre brune un peu jaunâtre, violemment ferromagnétique, dont le magnétisme est voisin de celui de la magnétite.

Le produit ainsi préparé, qui est du sesquioxyde pur, paraît être un corps bien défini qui serait la variété ferromagnétique de cet oxyde de fer.

C'est un corps parfaitement stable à la température ordinaire. Les produits préparés par nous depuis un an n'ont subi aucune altération.

Le retour au sesquioxyde rouge non magnétique ne s'obtient que par l'action d'une forte élévation de température. L'altération n'apparaît pas à 600°. Elle se produit lentement à 650°, et vers 700° la transformation en colcotar rouge non magnétique est rapide èt complète.

Dans les faits antérieurement connus, il y a quelque indication que, aux deux variétés magnétique et non magnétique, du sesquioxyde de fer, pourraient correspondre deux séries distinctes de sels ferriques.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Étude des acides gras et des diacides au moyen des rayons X*. Note (1) de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. M. de Broglie.

I. Dans une précédente Note (2), j'ai montré quelle était l'influence, au point de vue de l'orientation, du support sur lequel s'effectue la cristallisation de certains corps organiques à longue chaîne. En particulier, lorsque des acides gras sont fondus sur une lame de verre, il y a orientation énergique de la molécule, et le spectre X obtenu par la méthode du cristal tournant fournit une série de raies fines et de raies floues. Les raies fines se déplacent régulièrement avec le nombre des CH^2 de la chaîne suivant une loi linéaire, comme l'ont montré Müller et Shearer (3).

II. J'ai constaté que l'on obtenait de bien meilleurs spectres en dissolvant les acides gras dans l'alcool, versant quelques gouttes de la solution sur une lame de verre propre, et laissant évaporer; l'orientation se fait bien plus régulièrement, et l'on obtient ainsi des couches de faible épaisseur agissant comme un cristal unique. Le spectre pris dans ces conditions ne montre plus que les raies fines correspondant à la longueur de la chaîne; les raies floues dues aux couches à cristallisation confuse ont complètement disparu. Le pouvoir réflecteur de telles couches est considérable, j'ai obtenu en trois quarts d'heure des spectres intenses allant jusqu'au septième ordre de réflexion, et dont les raies sont d'une grande finesse. On obtient encore des spectres avec des couches de 1^{μ} d'épaisseur, qui sont absolument invisibles à l'œil et correspondent à des poids de matière extraordinairement faibles.

A l'aide de cette nouvelle technique, j'ai obtenu pour la série des acides

(1) Séance du 27 avril 1925.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 280.

(3) Muller et Shearer, *Transactions of the Royal Society*, 123, 1923, p. 2083 et 3152.

gras, les résultats suivants, qui n'ont trait qu'aux grandes distances réticulaires :

Acide utilisé.	N. d'at. C.	d en Å Müller.	d en Å Trillat.	Δ $C^{n+2}-C^{n}$.
Acide stéarique	C^{18}	38,7	39,1	»
Acide palmitique	C^{16}	34,7	35,13	3,97
Acide myristique	C^{14}	32,2	31,14	3,99
Acide laurique	C^{12}	27,0	27,24	3,90
Acide caprique	C^{10}	23,2	23,30	3,94
Acide caproïque	C^{8}	»	19,30	4,00

La méthode m'a permis de réaliser une analyse organique rapide d'un margarate de glycéryle. Ce corps, préparé par dégradation à partir de la stéarine, était supposé contenir un acide en C^{17}; après alcoolyse (1) et isolement des acides gras libres qu'il contenait, un spectre a été pris par la méthode du cristal tournant. En 35 minutes de pose, j'ai obtenu une double série de raies intenses, dont l'une correspondait exactement à l'acide stéarique, l'autre à l'acide palmitique; il est donc à présumer que le corps est un mélange de palmitate et de stéarate de glycéryle, et que l'acide en C^{17} qu'il devait contenir est un mélange des acides en C^{18} en C^{16}. On voit par là l'intérêt analytique de la méthode.

III. J'ai employé également la même méthode pour l'étude d'un certain nombre de diacides. Là, j'ai utilisé de préférence la fusion en couche mince pour l'orientation des microcristaux.

Les spectres obtenus sont beaucoup plus faibles que pour les acides gras, mais montrent néanmoins, outre des anneaux, une série de raies qui se déplacent avec le nombre des CH^2 de la chaîne.

Jusqu'ici, j'ai obtenu les résultats suivants :

Acide utilisé.	N. d'at. C.	Formule.	d en Å.	Δ $C^{n+2}-C^{n}$.	Points de fusion.
Acide succinique	C^4	$CO^2H-(CH^2)^2-CO^2H$	4,5	»	180°
Acide adipique	C^6	$CO^2H-(CH^2)^4-CO^2H$	7,0	2,5	148
Acide subérique	C^8	$CO^2H-(CH^2)^6-CO^2H$	9,3	2,3	140
Acide sébacique	C^{10}	$CO^2H-(CH^2)^8-CO^2H$	11,4	2,1	127

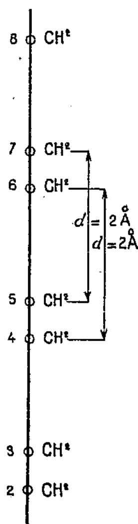
La variation est donc assez régulière, et du même ordre que pour les acides gras. La précision des mesures est d'ailleurs plus faible, les raies obtenues n'étant pas aussi fines que dans le premier cas.

J'ai enfin étudié deux diacides à nombre impair d'atomes de carbone, l'acide pimélique et l'acide azélaïque, qui m'ont donné les résultats suivants :

Acide pimélique...	C^7	$CO^2H-(CH^2)^5-CO^2H$	$d=7{,}6$ Å	$f=149$
Acide azélaïque....	C^9	$CO^2H-(CH^2)^7-CO^2H$	$d=9{,}6$ Å	$f=106$
			$\Delta=2{,}0$	

On constate ici aussi une différence de l'ordre de 2 Å pour deux groupes de CH^2 ajoutés. De plus, les acides impairs ne s'intercalent pas exactement au milieu des acides pairs; leur distance réticulaire est bien plus voisine de celle de l'acide pair immédiatement inférieur que celle de l'acide pair homologue supérieur. On peut d'ailleurs constater que les points de fusion des acides impairs ne s'intercalent pas non plus entre ceux des acides pairs. Pour les acides gras, Müller avait aussi trouvé un phénomène analogue.

On peut déduire de là que les chaînes de CH^2 ne peuvent pas être considérées comme formées de CH^2 également espacés. La distance comprise entre 2 CH^2 de même parité est toujours constante et de l'ordre de 2 Å; mais la distance comprise entre 2 CH^2 consécutifs n'est pas la moitié de celle-ci.



Si C^{2n+1} représente la parité d'un CH^2 de la chaîne, la distance $C^{2n+1}-C^{2n}$ est faible, tandis que la distance $C^{2n+2}-C^{2n+1}$ est grande, ce que l'on peut représenter par le schéma ci-dessus.

L'appareillage utilisé consiste en un tube à gaz en pyrex dû à M. Dau-

villier; ce tube, refroidi à l'eau et à l'air comprimé, peut supporter 10 à 15 milliampères sous 50000 volts; il fonctionnait pour tous ces essais avec une anticathode en fer (raie $K_\alpha = 1{,}92$ Å).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une nouvelle détermination du rapport des vitesses des deux groupes de rayons α émis par le dépôt actif du thorium.* Note de M. **Salomon Rosenblum**, présentée par M. J. Perrin.

Le but de ce travail a été de refaire une mesure précise du rapport des vitesses des deux groupes de rayons α émis par le dépôt actif du thorium.

On a employé la méthode photographique bien connue ([1]) : on reçoit sur une plaque sensible, en opérant dans le vide, un faisceau de particules α étroit et nettement délimité, dévié par l'action d'un champ magnétique constant, uniforme et très intense.

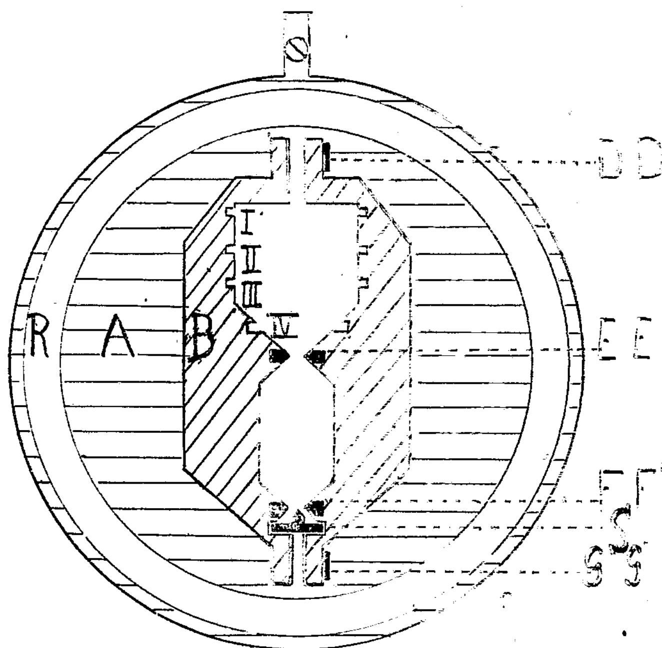
Dispositif expérimental. — Le dépôt actif du thorium se trouve sur les deux faces d'un biseau métallique taillé sur une lame de $0^{mm},5$ d'épaisseur; les faces du biseau ayant $0^{mm},7$ de largeur et 8^{mm} de longueur. Les rayons émis par le dépôt actif sont canalisés par deux fentes rectilignes, fines et parallèles.

Un appareil a été construit permettant de supprimer le fond et le couvercle de la boîte à vide ([1]) couramment en usage et d'utiliser un entrefer plus petit ($8^{mm},5$). On réalise ainsi un champ plus homogène et presque deux fois plus intense. L'appareil consiste en un cylindre d'aluminium (A) de même diamètre que les pièces polaires (11^{cm}) et de 8^{mm} de profondeur. Sur ses bases sont appliquées deux rondelles en caoutchouc (R) graissées à la vaseline. Celles-ci sont, d'autre part, en contact avec les pièces polaires de l'électro-aimant. L'épaisseur des rondelles est de $1^{mm},3$.

Quand un fort courant passe dans les bobines de l'électro-aimant, l'armature fléchit légèrement, les pièces polaires se rapprochent et serrent les rondelles de caoutchouc rendant ainsi hermétiquement clos l'intérieur du cylindre. On peut réaliser alors à l'intérieur du cylindre un bon vide. (La pression est de l'ordre de $0^{m},001$ de mercure.) Pour un courant de 10 ampères dans les bobines, le champ obtenu est de 17000 gauss environ. L'intérieur du cylindre reçoit une pièce évidée en laiton (B) de 8^{mm}

([1]) Irène Curie, *Détermination de la vitesse des rayons α du polonium* (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 220). — A.-B. Wood, *Phil. Mag.*, 6e série, 30, 1915, p. 702.

d'épaisseur, composée de deux parties : DEFG et D'E'F'G', rigoureusement symétriques. En écartant légèrement ces deux parties par l'introduction de feuilles métalliques minces entre D et D' et entre G et G' on peut réaliser deux diaphragmes EE' et FF'. En faisant varier l'épaisseur des feuilles on règle la largeur des fentes. [Si l'on met par exemple une feuille de $0^{mm},02$ près de G, la largeur de la fente FF' sera d'environ $0^{mm},2$, EE' de $0^{mm},1$.]



Les plaques photographiques peuvent être fixées dans diverses positions par un système de rainures (I, II, III, IV) et de ressorts en aluminium. La source S se trouve juste au-dessous du diaphragme FF'. Les pièces biseautées formant les diaphragmes sont en or et recouvertes d'une mince couche de paraffine. Comme limite inférieure de largeur des fentes, on peut atteindre $0^{mm},005$. Mais il n'y a pas d'intérêt à utiliser des fente de dimensions inférieures à $0^{mm},02$, l'intensité des images photographiques étant alors trop faible. La fente inférieure a été plus large que la fente supérieure. Les temps d'exposition dans ces expériences ont été, en général, de 40 à 120 minutes, le sens du champ magnétique étant renversé après 20 à 60 minutes. Des impressions nettes étaient déjà obtenues après une exposition de 5 à 10 minutes.

Résultat. — Dans plusieurs expériences successives effectuées en faisant varier les positions de la plaque ainsi que l'intensité du champ (15000 à 18000 gauss correspondant à 5 à 10 ampères) la valeur trouvée pour le rapport des vitesses des rayons α du thorium C et C′ a été 1,209 (4). J'estime que la précision obtenue sur le nombre est de 0,1 pour 100. Si l'on introduit la correction due à l'augmentation de la masse des particules avec la vitesse, qui est d'ailleurs dans la limite des erreurs expérimentales, on arrive à 1,210 (3).

D'après les valeurs les plus récentes des parcours des rayons α indiquées par M. Henderson et H. Geiger ([1]) à la température de 15°, et la pression normale, on peut admettre pour

$$\text{Th C} = 8^{\text{cm}},62,$$
$$\text{Th C}' = 4^{\text{cm}},78.$$

D'où, pour la racine cubique du rapport de ces nombres, 1,217, valeur qui concorde à la précision de 0,6 pour 100 avec celle du rapport des vitesses donné.

CHIMIE MATHÉMATIQUE. — *Affinité.* Note ([2]) de M. **Th. De Donder**, présentée par M. Le Chatelier.

1. Le théorème de la chaleur non compensée de Clausius peut s'écrire

$$dA = T\,dS - dQ \geqq 0 \tag{1}$$

où dQ est la chaleur reçue par le système pendant la transformation considérée; où T est la température absolue du système au moment considéré; où S est l'entropie de ce système.

Enfin dA représente la chaleur non compensée ou l'*affinité* ([3]) dépensée par le système pendant la transformation considérée. En vertu de (1), la différentielle dA ne sera jamais négative. Si nous prenons le temps t comme variable indépendante, $A \equiv A(t)$ sera, *pour chaque transformation considérée*, une fonction croissante ou constante.

([1]) G.-H. Henderson, *Phil. Mag.*, 2, 1921 p. 538. — H. Geiger, *Zeit. für Physik*. 8, 1922, p. 45.

([2]) Séance du 27 avril 1925.

([3]) Nous avons identifié la chaleur non compensée de Clausius avec l'*affinité* physico-chimique, dans une Note publiée dans le *Bulletin de l'Académie Royale de Belgique* (*Cl. des Sc.*), 5e série, 8, 1922, p. 197 à 205.

2. Pour plus de simplicité, limitons-nous ici à l'étude des transformations irréversibles d'un système à *une* phase, effectuant la réaction chimique

$$m_\gamma - m_\gamma^0 = \nu_\gamma M_\gamma \xi \qquad (\gamma = 1, 2, \ldots, c), \tag{2}$$

où m_γ est la masse du constituant γ; où ν_γ sont les coefficients molaires; où M_γ sont les masses molaires; où ξ est une variable auxiliaire, figurée sur axe dirigé de gauche à droite; au début de la réaction, ξ vaut zéro. Les constituants dont les coefficients molaires sont *positifs* seraient dits *de droite*, et leurs indices seront désignés par le symbole γ'; les constituants dont les coefficients molaires sont *négatifs* seront dits *de gauche*, et leurs indices seront désignés par le symbole γ''; on aura donc : valeur absolue $|\nu_{\gamma''}| \equiv -\nu_{\gamma''}$.

3. Pendant la réaction (2), les variables p, T et ξ définissant *l'état* du système peuvent s'exprimer au moyen de l'unique variable indépendante ξ. De même l'affinité A devient fonction de ξ, et l'on pourra poser, pour la dérivée de A par rapport à ξ,

$$\mathcal{A} \equiv \frac{dA}{d\xi}. \tag{3}$$

Nous dirons que $\mathcal{A}$ est *l'affinité spécifique* du système, à l'instant considéré.

L'état du système peut être défini au moyen de variables p, T, ξ; ou bien V, T, ξ; ou bien p, S, ξ; ou bien V, S, ξ; etc. Désignons par U l'énergie interne du système; par $\psi \equiv U + pV$ son enthalpie; par $F \equiv U - TS$ son énergie libre; par $H \equiv U - TS + pV$ son potentiel thermodynamique; etc.

D'où (¹)

$$\mathcal{A} = -\left(\frac{\partial H}{\partial \xi}\right)_{p,T} = -\left(\frac{\partial F}{\partial \xi}\right)_{V,T} = -\left(\frac{\partial \psi}{\partial \xi}\right)_{p,S} = -\left(\frac{\partial U}{\partial \xi}\right)_{V,S} \tag{4}$$

Théorème. — *L'affinité spécifique $\mathcal{A}$ d'un système est fonction de l'état du système; elle ne dépend pas de la transformation que le système effectue.*

Posons

$$\mathcal{A}' \equiv -\sum \nu_{\gamma'} M_{\gamma'} \left(\frac{\partial H}{\partial m_{\gamma'}}\right)_{p,T} \quad \text{et} \quad \mathcal{A}'' \equiv -\sum |\nu_{\gamma''}| M_{\gamma''} \left(\frac{\partial H}{\partial m_{\gamma''}}\right)_{p,T}; \tag{5}$$

d'où

$$\mathcal{A} = \mathcal{A}' - \mathcal{A}''. \tag{6}$$

4. Grâce à l'affinité spécifique $\mathcal{A}$, on obtient *la généralisation* suivante

---

(¹) Les indices placés au bas des parenthèses indiquent, comme d'habitude, que ces quantités demeurent *constantes* pendant la dérivation *partielle* considérée.

des théorèmes de Van't Hoff et de Le Chatelier :

(7) $$\left(\frac{\partial \frac{\mathcal{A}}{T}}{\partial T}\right)_{V,\xi} = -\frac{r_{VT}}{T^2} \quad \text{et} \quad \left(\frac{\partial \frac{\mathcal{A}}{T}}{\partial T}\right)_{p,\xi} = \frac{-r_{pT}}{T^2},$$

où

(7′) $$r_{VT} \equiv -\left(\frac{\partial U}{\partial \xi}\right)_{V,T} \quad \text{et} \quad r_{pT} \equiv -\left(\frac{\partial \psi}{\partial \xi}\right)_{pT}.$$

En intégrant les équations (7) de T^0 à T, en laissant respectivement V, ξ ou p, ξ constants, on obtiendra deux expressions de $\frac{\mathcal{A}}{T}$.

En partant de (5), on trouverait, de même,

(8) $$\left(\frac{\partial \frac{\mathcal{A}'}{T}}{\partial T}\right)_{V,\xi} = -\frac{r'_{VT}}{T^2} \quad \text{et} \quad \left(\frac{\partial \frac{\mathcal{A}'}{T}}{\partial T}\right)_{p,\xi} = \frac{-r'_{pT}}{T^2},$$

où

(8′) $$r'_{VT} \equiv -\sum_{\gamma'} \nu_{\gamma'} M_{\gamma'} \left(\frac{\partial U}{\partial m_{\gamma'}}\right)_{VT} \quad \text{et} \quad r'_{pT} \equiv -\sum_{\gamma'} \nu_{\gamma'} M_{\gamma'} \left(\frac{\partial \psi}{\partial m_{\gamma'}}\right)_{pT}.$$

On aura des relations analogues pour $\mathcal{A}''$.

5. Les *dérivées partielles* de l'affinité spécifique peuvent s'écrire :

(9) $$\left(\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial p}\right)_{T\xi} = -\Delta_{pT}, \quad \left(\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial T}\right)_{p\xi} = \frac{1}{T}(-r_{pT} + \mathcal{A}), \quad \left(\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial \xi}\right)_{pT} = -\Sigma_{pT},$$

où (¹)

(9′) $$\Delta_{pT} \equiv \sum_{\gamma} \left(\frac{\partial V}{\partial m_\gamma}\right)_{pT} \nu_\gamma M_\gamma, \qquad \Sigma_{pT} \equiv -\sum_{\gamma_1 \gamma_2} \frac{\partial^2 H}{\partial n_{\gamma_1} \partial n_{\gamma_2}} \left(\frac{\nu_{\gamma_1}}{n_{\gamma_1}} - \frac{\nu_{\gamma_2}}{n_{\gamma_2}}\right)^2 n_{\gamma_1} n_{\gamma_2}.$$

Le symbole n_{γ_1} représente le nombre de moles du constituant $\gamma_1 (\gamma_1 = 1, \ldots, c)$ contenues dans le système.

6. Considérons une transformation *isoaffine* définie par $\mathcal{A} = \mathcal{A}_{(0)}$, où $\mathcal{A}_{(0)}$ représente une constante. De cette dernière équation, tirons $\xi_{(0)} = \xi_{(0)}(p, T)$. En différentiant totalement l'équation $\mathcal{A} = \mathcal{A}_{(0)}$, on obtiendra enfin la *généralisation* suivante *des théorèmes de Van't Hoff et de Le Chatelier :*

(10) $$\left(\frac{\partial \xi_{(0)}}{\partial T}\right)_p = \frac{r_{pT}}{T\Sigma_{pT}} \quad \text{et} \quad \left(\frac{\partial \xi_{(0)}}{\partial p}\right)_T = \frac{\Delta_{pT}}{\Sigma_{pT}}.$$

(¹) Pour le calcul de Σ_{pT}, voir notre Note : *Transformations physiques et chimiques des systèmes de Gibbs* (*Bull. Acad. Roy. Belg.*, 5ᵉ série, 6, 1920, p. 315 à 328).

Dans le cas où le système est en équilibre, on retrouve ainsi la généralisation que j'ai indiquée antérieurement ([1]).

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude quantitative de la protection réalisée dans une solution colloïdale par l'introduction d'un électrolyte en quantité trop faible pour entraîner la floculation.* Note ([2]) de M. **A. Boutaric** et Mlle **G. Perreau**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. Nous avons indiqué antérieurement ([3]) que l'addition à une solution colloïdale ou à une suspension de petites quantités d'un électrolyte peut protéger cette solution contre l'action floculante de fortes doses du même électrolyte. Nous nous proposons de préciser ici cet effet.

2. La courbe qui traduit les variations de la durée de floculation d'une solution colloïdale en fonction de la quantité d'électrolyte floculant présente une asymptote parallèle à l'axe des temps dont l'abscisse définit la quantité maxima d'électrolyte qu'on puisse ajouter à la solution colloïdale sans en provoquer la floculation.

Considérons une suspension de gomme-gutte A contenant $0^{g},435$ de gomme-gutte par litre. A 25^{cm^3} de cette suspension, ajoutons 25^{cm^3} d'une solution renfermant n centimètres cubes d'une liqueur centinormale de H^2SO^4. Représentons en a (*fig.* 1) la courbe des durées de floculation.

Répétons les mêmes expériences sur la même suspension de gomme-gutte qu'on a, un temps θ auparavant, traité par H^2SO^4 de manière que 25^{cm^3} de suspension renferment $2^{cm^3},5$ de $H^2SO^4\,\frac{N}{100}$; la courbe b représente les durées de floculation de cette suspension traitée B en fonction de n.

L'ensemble des courbes a et b montre nettement : 1° que pour les mêmes quantités de l'agent floculant, la durée de floculation de la suspension traitée B est supérieure à celle de la suspension non traitée A; 2° que l'abscisse β de l'asymptote relative à la courbe b est supérieure à l'abscisse α de l'asymptote relative à la courbe a, d'où il résulte que la suspension traitée B peut supporter sans floculer une quantité β de H^2SO^4 supérieure à la quantité α que peut supporter la suspension non traitée A. La différence $\beta - \alpha$ peut être prise comme mesure de la protection réalisée;

([1]) *Loc. cit.*, éq. (38) et (39).
([2]) Séance du 27 avril 1925.
([3]) A. Boutaric et Mlle G. Perreau, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 46.

3° nous avons étudié, pour diverses solutions colloïdales et suspensions, comment varie cet effet de protection $\beta - \alpha$ en fonction de la quantité

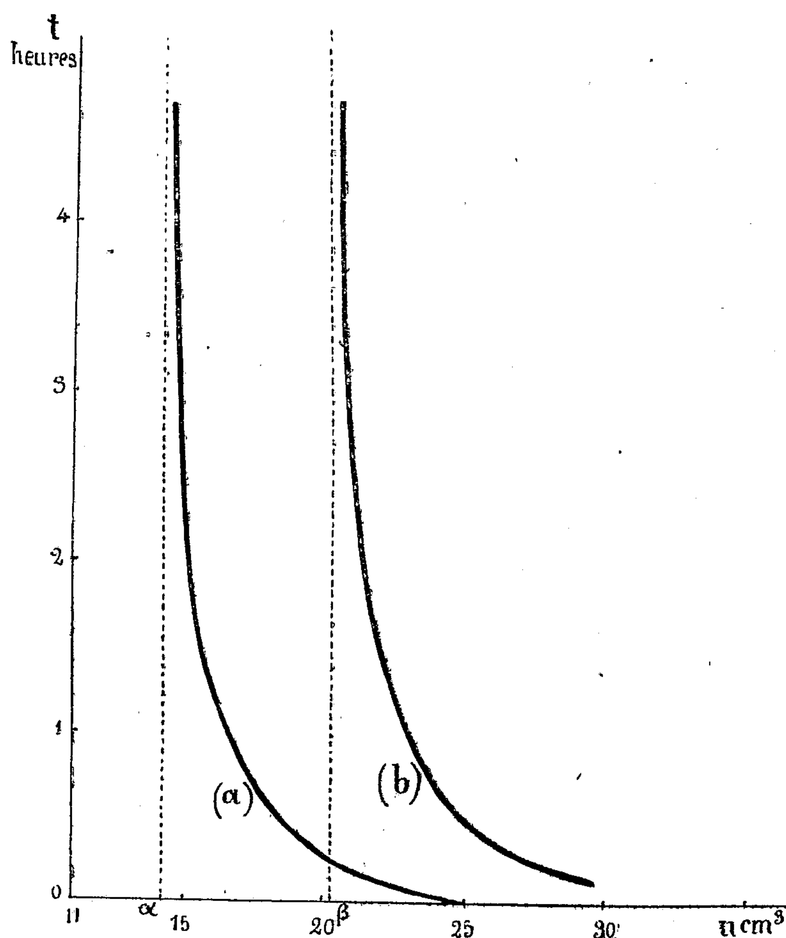


Fig. 1.

d'électrolyte q préalablement introduite dans la solution colloïdale ou la suspension et du temps θ qui s'est écoulé depuis cette introduction.

a. La figure 2 représente les résultats pour un sol de sulfure d'arsenic traité par LiCl, 11 jours après l'addition au sol du chlorure de lithium destiné à le protéger. On a porté en ordonnées les valeurs de $\beta - \alpha$ et en abscisses le nombre q de centimètres cubes d'une solution de LiCl 0,306 N contenue dans 100^{cm^3} du sol préparé. On voit que l'effet de protection augmente d'abord avec la quantité de LiCl introduite, passe par un optimum pour une certaine concentration, puis s'atténue.

Sur la figure 3, on a représenté la variation de $\beta - \alpha$ pour le sol préparé avec la quantité de LiCl qui correspond à l'optimum de protection en fonc-

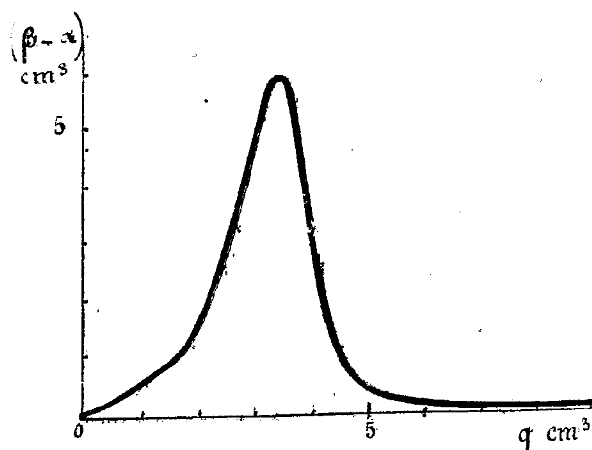


Fig. 2.

tion, du temps θ qui s'est écoulé entre la floculation et l'introduction du chlorure de lithium protecteur. L'effet de protection augmente d'abord en fonction du temps, passe par un optimum et s'atténue ensuite.

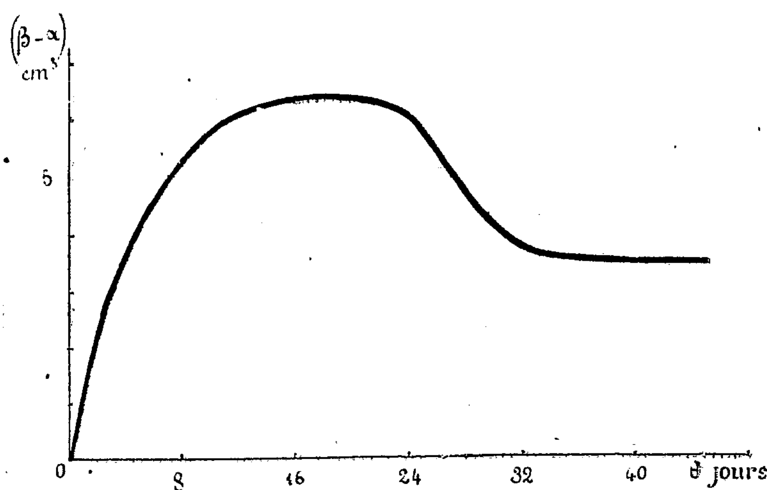


Fig. 3.

b. Dans d'autres cas, par exemple pour la gomme-gutte traitée par H^2SO^4, l'effet de protection augmente constamment lorsque croît la quantité d'électrolyte ajoutée. On peut assimiler ce cas au précédent en supposant que la protection optima serait réalisée pour une quantité d'électrolyte

supérieure à la quantité maxima que peut supporter sans floculer la suspension non traitée.

La variation de l'effet de protection en fonction du temps qui s'est écoulé à partir du moment où a été introduit l'électrolyte protecteur a toujours sensiblement la même allure : l'effet de protection va d'abord en s'accentuant, passe par un optimum au bout d'un certain temps, et décroît ensuite.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les traitements thermiques de certains laitons au nickel.* Note de M. **Léon Guillet**, présentée par M. Le Chatelier.

J'ai montré précédemment (¹) que la trempe des laitons $\alpha + \beta$ n'apportait pas de variations importantes dans leurs propriétés mécaniques, bien que la constitution varie nettement, par suite de la formation d'une solution solide unique. D'autre part, mes recherches ont indiqué l'intérêt industriel que présente la trempe des laitons à l'étain, par suite de la disparition d'un constituant spécial qui les caractérise et qui apporte de la dureté et de la fragilité (²). J'ai entrepris une étude systématique des traitements thermiques des laitons au nickel, dont j'ai étudié les propriétés et la constitution à l'état laminé ou écroui.

Je désire attirer de suite l'attention sur certains phénomènes très particuliers présentés par les trois types suivants d'alliages choisis pour leurs titres fictifs croissants :

	Type I.	Type II.	Type III.
Cu	33,16	40,70	25,55
Ni	25,97	23,83	31,31
Zn	39,82	35,05	42,44
Pb	0,11	Traces	Traces
Fe	0,91	0,34	0,39
Total	99,97	99,92	99,69

La détermination de la dureté à la bille a donné les résultats suivants :

(¹) *Revue de Métallurgie*, **1**, 1914, p. 1128.
(²) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 1038.

Traitement du métal.	Type I.	Type II.	Type III.
Brut de coulée en sable	285	235	251
Recuit à 850° avec refroidissement très lent (¹)	161	223	212
Trempé à 850° dans l'eau à 20°	223	115	313
» » à l'air	329	217	307
» » à l'eau, revenu à 200° durant 30 minutes	223	110	317
» » à l'eau, revenu à 400° » »	269	177	307
» » à l'eau, revenu à 600° » »	202	186	255
» » à l'air, revenu à 200° » »	336	238	311
» » à l'air, revenu à 400° » »	342	250	302
» » à l'air, revenu à 600° » »	257	192	265

Les points de transformation, déterminés à l'appareil Saladin Le Chatelier ([a]) et au dilatomètre Chévenard ([b]) sont les suivants :

Traitement du métal.		Type I.		Type II.		Type III.	
		([a]).	([b]).	([a]).	([b]).	([a]).	([b]).
Brut de coulée en sable	Échauffement...	rien	rien	590°	590°	rien	rien
	Refroidissement.	650°	610°	580°	580°	710°	710°
Trempé à l'eau à 850°	Échauffement...	100,580,700°	250 à 650°	100,500°	100,500°	100,650°	650°
	Refroidissement.	625°	610°	580°	580°	700°	700°

Les différents traitements apportent dans la microstructure de ces alliages des transformations profondes que l'on peut résumer de la façon suivante :

Traitement du métal.	Type I.	Type II.	Type III.
Brut de coulée en sable...	Solution solide.	Solution solide.	Solution solide. onstituant spécial.
Recuit avec refroidissement très lent	Eutectoïde très net.	Eutectoïde très net.	Eutectoïde très net.
Trempé à l'eau à 850°	Solution solide avec fers de lance.	Solution solide unique.	Plages de Martensite.
Trempé à l'air à 850°	Solution solide unique.	Sol[on] solide et fers de lance.	Plages de Martensite.
Revenu après trempe à l'eau ou à l'air	Aucune transformation sensible lorsque la température du revenu est inférieure à 600°.		

Conclusions. — De ces observations, on peut conclure que ces très curieux alliages présentent les phénomènes suivants :

1° Simplement coulés, ils sont hypertrempés ;

2° Recuits et refroidis très lentement, ils présentent la structure d'un eutectoïde.

(¹) A raison de 13° à l'heure.

3° La trempe à l'eau donne de l'hypertrempe pour les deux premiers alliages et de la martensite dans le troisième.

4° La trempe à l'air est nettement plus durcissante que la trempe à l'eau pour les deux premiers alliages, alors que le microscope ne décèle pas toujours de la martensite.

5° Le revenu apporte une augmentation de dureté, notable surtout dans les produits hypertrempés.

6° Enfin, les courbes de chauffage et de refroidissement montrent sur ces alliages, trempés à l'eau, un phénomène qui n'a encore jamais été indiqué et dont je continue l'étude : il y a une absorption très nette de chaleur à 100°, cette transformation est toujours accusée par la courbe thermique : elle l'est parfois par la courbe dilatométrique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'absorption ultraviolette en fonction de* P_H *de quelques acides organiques envisagés à la manière d'indicateurs ultraviolets.* Note [1] de M. **Fred Vlès** et Mlle **Madeleine Gex**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait qu'un certain nombre d'acides organiques ont des spectres ultraviolets qui ne sont pas identiques à ceux de leurs sels. L'absorption de ces corps devient donc selon toute vraisemblance une fonction du P_H et doit être étudiée en tenant compte de cette variable. Nous avons tenté à cet effet d'examiner les acides organiques *en les traitant à la manière d'indicateurs ultraviolets*, et en leur appliquant les méthodes utilisées dans le spectre visible pour l'étude des indicateurs colorés (détermination des constantes apparentes de dissociation, erreur saline, etc.). Nous avons employé en particulier le rapport φ de deux absorptions de longueurs d'ondes différentes, rapport dont les propriétés en fonction du P_H ont fait le sujet d'une Note précédente [2].

1. *Acide oxalique :* Solutions préparées à partir d'oxalate de Na, de l'ordre de 5 pour 1000 dans l'eau distillée, les P_H obtenus par HCl ou NaOH, mesures potentiométriques à l'électrode d'H contre pile au calomel saturée. Examen ultraviolet suivant les données déjà décrites [3].

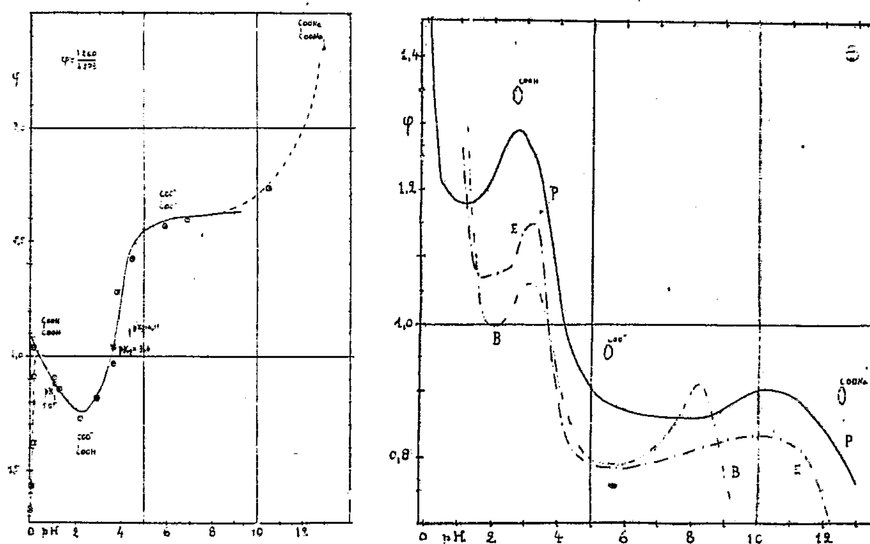
---

(1) Séance du 27 avril 1925.

(2) F. Vlès, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 584.

(3) F. Vlès et Mlle M. Gex, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 140. — *Les matières grasses*, n° 203, 15 mars 1925, p. 7107.

Le spectre oxalique est formé d'une grande bande progressive, allant de l'extrémité de l'ultraviolet utilisable jusque vers $\lambda\,350$, décomposable en une série de contreforts successifs ($\lambda^{m\mu} \leqq 230$, 255, 260, 272, 284, 298, 320, 345). Le rapport $\varphi = \frac{\lambda\,260}{\lambda\,273}$ montre en fonction du P_H une courbe anormale analogue à celles d'indicateurs comme le cristalviolet, avec une boucle entre $P_H\,3$ et $P_H\,1$, et une seconde inverse entre $P_H\,1$ et $P_H\,0$. Les différentes portions de la courbe de $P_H\,1$ à $P_H\,13$ sont interprétables *a priori* en supposant 5 constituants possibles successifs, n'ayant pas les mêmes caractéristiques d'absorption : la molécule d'acide oxalique indissociée, les 2 anions mono et divalent, et finalement vers les très forts P_H l'ion



Courbes $\varphi = f\,(P_H)$.

A gauche : acide oxalique, $\varphi = \frac{\lambda\,260}{\lambda\,273}$, $P_{K_2} = 3,6$, $P_{K_1} = 1,05$. ——— Courbe calculée.

A droite : acide benzoïque, $\varphi = \frac{\lambda\,273}{\lambda\,261}$. Solutions dans : P, tampons phosphates; B, tampons borates; E, eau.

COONa — COO^- et la molécule indissociée $(COONa)^2$. Le calcul de φ avec les conditions d'équilibre des acides divalents rend compte de la portion de la courbe comprise entre $P_H\,0,2$ et $P_H\,8$, portion qui n'est donc qu'une courbe de neutralisation de l'acide; il ne rend pas compte de la première branche inférieure à $P_H\,0,2$ ni de la portion supérieure à $P_H\,8$; il est possible que celle-ci relève du jeu d'un produit de solubilité entre NaOH qui est déjà à fortes concentrations, et l'oxalate de Na. L'équation d'équi-

libre impose, pour cadrer avec les valeurs expérimentales, les valeurs des constantes apparentes de dissociation $pK_2 = 3,6$ [la conductivité donnant $pK_2 = 4,31$, Scudder (¹)] et $pK_1 = 1,05$.

2. *Acide benzoïque :* Etudié à concentration de 5.10^{-3} mol.gr par litre dans des solutions aqueuses d'HCl ou de NaOH, ou dans les tampons phosphate ou borate classiques.

Le spectre de l'acide benzoïque montre dans ces conditions sept bandes plus ou moins nettement différenciées ($\lambda^{m\mu} \leqq 245$, 250, 261, 266, 273, 278, 285) qui varient avec le P_H de la solution, les bandes λ 272 et 250 croissant et les bandes λ 261 et 266 décroissant vers les P_H bas. L'étude des rapports φ pour λ 273/261, 273/256, 273/250 a fourni pour l'acide benzoïque, quoique monovalent, une courbe aussi compliquée que pour l'acide oxalique. Une portion médiane à allure de courbe de neutralisation se place au voisinage de la constante P_K, et est calculable à partir de l'équation classique de dissociation, laquelle impose une constante apparente de l'ordre de 3,6 à 3,8 (conductivité 4,15) (¹); par contre des deux côtés de cette région se placent des anomalies en boucles doubles. Les courbes dans les divers excipients sont du même type mais offrent des décalages (sur φ à P_H constant vers $P_H 3$, et sur P_H et φ entre P_H 8 et P_H 11). Le décalage ne paraît pas en première approximation une fonction nette de la concentration saline de l'excipient (²).

Tout se passe donc comme si dans l'échelle des P_H l'acide benzoïque pouvait donner naissance à 4 ou 5 constituants; 3 sont évidents : la molécule benzoïque indissociée et l'ion benzoïque en équilibre au voisinage de P_K; aux P_H très forts, la molécule de benzoate de Na indissociée. Restent les constituants responsables de la grande boucle sur P_H 1-2, l'ascension vers $P_H 0$, et la boucle éventuelle vers P_H 8-10. Avec la constitution attribuée à l'acide benzoïque, il est difficile d'interpréter l'existence de ces composants supplémentaires sans faire appel à des réactions pour le moment très hypothétiques : on pourrait par exemple envisager en fonction

---

(¹) SCUDDER, *Ionization constants of organic compounds.* New-York, van Nostrand, 1914.

(²) Si les écarts que montrent les acides oxalique et benzoïque entre les constantes apparentes obtenues par voie optique et les mêmes constantes déterminées classiquement par conductivité ne relèvent pas de simples phénomènes d'erreur saline, il semble que l'on devrait pour les interpréter faire appel par exemple, comme dans le cas des indicateurs colorés, à des phénomènes de tautomérie.

du P_H une modification du carboxyle donnant naissance à des orthoformes (analogues au phénylchloroforme); ou peut-être même éventuellement supposer une intervention du noyau benzénique lui-même, dont les valences propres entreraient en jeu dans certaines conditions d'activité. Des essais sommaires laissent d'ailleurs entrevoir que des solutions aqueuses de benzène pur n'ont peut-être pas un spectre indépendant du P_H.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des δ-dicétones acycliques.* Note (¹) de M. **E.-E. Blaise** et de Mlle **M. Montagne**, transmise par M. Haller.

Dans une Note antérieure (²), l'un de nous a montré que la condensation des dérivés organomagnésiens avec la tétréthydiamide glutarique constitue la première méthode connue permettant de préparer les δ-dicétones acycliques. Nous avons déjà signalé cependant que cette réaction est anormale en ce qu'elle s'effectue avec dégagement gazeux, et mentionné en outre la production de composés autres que les δ-dicétones. La présente Note se rapporte à l'étude complète de la réaction.

La condensation de C^2H^5MgBr avec la tétréthyldiamide glutarique donne le dipropionylpropane avec un rendement de 20 à 30 pour 100. Après avoir séparé la dicétone, on obtient une huile qui, distillée dans le vide, fournit une fraction assez abondante, passant de 155 à 160° sous 14^{mm}. Cette fraction est un mélange de deux corps, tous deux cétoniques, et qu'on ne peut séparer que sous forme de semicarbazones.

L'une de ces semicarbazones cristallise dans l'eau en gros prismes hydratés et qui s'effleurissent à l'air; dans le benzène elle cristallise en fines aiguilles anhydres fondant à 126-127°. Traitée par l'acide chlorhydrique, elle régénère le composé cétonique correspondant, sous forme d'un liquide bouillant à 163° sous 14^{mm}, et qui n'est autre que la diéthylamide de l'acide γ-propionylbutyrique $C^2H^5CO(CH^2)^3 - CON(C^2H^5)^2$. En effet, par hydratation au moyen de l'acide bromhydrique, on obtient de la diéthylamine, de l'acide γ-propionylbutyrique et de la méthyldihydrorésorcine.

L'acide fond à 49-50° et a été identifié par sa semicarbazone et sa *p*-nitrophénylhydrazone avec celui qu'ont obtenu antérieurement Blaise et

(¹) Séance du 27 avril 1925.

(²) *Comptes rendus*, **173**, 1923, p. 313.

Maire (¹). Quant à la méthyldihydrorésorcine, elle provient évidemment de la cyclisation de l'acide δ-cétonique, sous l'influence de l'acide bromhydrique, fait assez curieux et non encore signalé. Cette méthyldihydrorésorcine a d'ailleurs été déjà décrite par Blaise et Maire (*loc. cit.*).

La formation du composé $C^2H^5CO(CH^2)^3 - CON(C^2H^5)^2$ s'explique très naturellement; une seule fonction diéthylamide a été attaquée par le dérivé organomagnésien, l'autre étant restée intacte.

L'autre semicarbazone fond à 90°. Traitée par l'acide chlorhydrique, elle régénère le dérivé cétonique correspondant qui possède en même temps les propriétés d'une base faible et constitue un liquide bouillant à 161° sous 17^{mm}. Cette base n'est pas titrable en milieu aqueux, mais donne un picrate très bien défini, fondant à 106-107°. Elle répond à la formule $C^{15}H^{31}NO$. Le seul atome d'azote contenu dans cette molécule n'y est plus à l'état amide mais à l'état amine. Quant à l'oxygène, il y existe sous la forme cétone.

Ces faits conduisent à la constitution suivante :



$$C^2H^5CO - (CH^2)^3 - C(C^2H^5)^2 - N(C^2H^5)^2$$

et c'est là le point le plus intéressant de cette étude. On voit en effet que, sous l'influence du dérivé organométallique, une des fonctions amide dans le corps initial est passée à l'état amine :



$$- CON(C^2H^5)^2 + 2C^2H^5MgBr \rightarrow - C(C^2H^5)^2N(C^2H^5)^2,$$

tandis que l'autre fonction amide subit la transformation normale en cétone. Une telle transformation a déjà été observée par Bouveault (²), mais le mécanisme reste à éclaircir et nous nous réservons de développer d'une manière générale l'étude de cette réaction.

Quant à la constitution de l'aminocétone que nous avons obtenue, elle est vérifiée par le fait que ce corps, traité par l'anhydride acétique à l'ébullition, se dédouble en une cétone éthylénique et amide acétique de la diéthylamine.

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 3, 1908, p. 413.
(²) *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, 31, 1904, p. 1523.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hexabromure de diacétylène.*
Note de MM. **Lespieau** et **Charles Prevost**, présentée par M. Ch. Moureu.

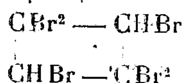
Ayant réussi à préparer du diacétylène, nous en avons profité pour essayer d'éclaircir une question restée pendante entre Sabanejew, Noyes et Willstätter.

Reboul avait observé que le gaz obtenu en attaquant l'acétylure cuivreux par l'acide chlorhydrique, lorsqu'on le recueille dans le brome, fournit, en outre du tétrabromure d'acétylène, une faible quantité de cristaux. Sabanejew ayant analysé ceux-ci trouva qu'ils répondaient à la formule



$$C^4H^2Br^6,$$

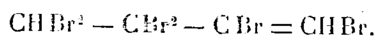
et, comme ils ne fixent pas le brome, il admit qu'ils dérivaient du cyclobutane. Il leur attribua la constitution suivante :



$$\begin{array}{l} CBr^2 - CHBr \\ | \qquad\quad | \\ CHBr - CBr^2 \end{array}$$

D'après lui, un peu d'acétylène aurait fourni de l'acétylène monobromé, qui se serait polymérisé en un dibromocyclobutadiène, lequel aurait fixé deux atomes de brome. Il donna, comme point de fusion de ce corps, 172-174°.

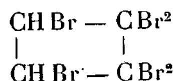
Noyes ayant remarqué que ces cristaux qui, d'après lui, fondent à 183°,5 (corrigé), ne s'obtiennent que si l'acétylure a subi une action oxydante, pensa que ce dérivé cuivreux, sous cette action, pouvait fournir un peu du dérivé cuivreux du diacétylène. Le bromure cristallisé proviendrait de la présence de ce carbure. Bien que non saturé, il ne fixerait plus le brome parce que déjà très chargé en atomes de ce métalloïde. Nous n'avons pas vu qu'il développe sa formule, mais, d'après Willstätter, il aurait choisi la suivante :



$$CHBr^2 - CBr^2 - CBr = CHBr.$$

Willstätter ayant attaqué par le brome, habituellement en présence de poudre de fer, deux cyclobutanes bromés (le 1.2-dibromo et le 1.1.2.2-tétrabromo), obtint aussi un composé $C^4H^2Br^6$ et trouva qu'il présentait les propriétés du corps décrit par Sabanejew, sauf qu'il fondait à 186°,5 (corrigé). Ne voyant pas que, dans cette attaque, la chaîne fermée puisse s'ouvrir pour donner un corps répondant à la formule de Noyes, il adopta

la suivante :



La première question à résoudre était celle-ci : l'hypothèse de Noyes est-elle exacte, le diacétylène donne-t-il un hexabromure fondant vers 183°. Pour le savoir nous avons envoyé de ce carbure dans du chloroforme contenant du brome, sans refroidir. Le liquide s'est échauffé et il s'est fait un dépôt de cristaux; la quantité de ceux-ci a augmenté quand on a chassé le solvant au bain-marie, mais ils sont restés imprégnés d'un liquide à odeur camphrée, non volatil à 100°. Ces cristaux, qui contiennent bien six atomes de brome, ne fixent pas cet halogène; après essorage et recristallisation par refroidissement de leurs solutions dans l'acide acétique bouillant, ils ont fondu au tube capillaire à 183°,5 soit 186°,5 corrigé. L'hypothèse de Noyes est donc justifiée.

Ces cristaux sont-ils identiques à ceux de Willstätter? Oui, car, outre l'identité des points de fusion, comme ces derniers ils cristallisent par évaporation de leurs solutions benzéniques en tables formant des losanges, souvent transformés en hexagones par des troncatures sur deux sommets opposés.

Mais malgré l'autorité de Willstätter, nous ne pouvons accepter la formule cyclique qu'il propose, parce que nous avons observé que l'hexabromure, traité par la poudre de zinc et l'alcool, régénère facilement le diacétylène; il nous semble plus naturel d'admettre que la chaîne d'un cyclobromobutane puisse s'ouvrir sous l'action du brome que sous celle du zinc dans l'alcool. D'ailleurs Willstätter a lui-même observé l'ouverture du 1.2-dibromocyclobutane par le brome.

La constitution de l'hexabromure, s'il est bien comme nous le pensons, linéaire et éthylénique, pourrait être décelée par l'ozone, mais nous n'en possédons pas assez pour entreprendre cette étude.

Une hypothèse nous paraît devoir être envisagée, celle d'une formule



Le diacétylène, possédant deux triples liaisons conjuguées, donnerait en fixant quatre atomes de brome soit un bromure



soit peut-être



et une nouvelle addition d'halogénure conduirait, dans les deux cas à un composé ayant la formule (α).

On y arriverait aussi en partant du tétrabromobutane de Willstätter, en imaginant que celui-ci perd deux molécules d'acide bromhydrique, et s'ouvre ensuite par action du brome, car alors on aurait le tétrabromure érythrénique écrit quelques lignes plus haut. (Willstätter avait constaté, dans son attaque par le brome, la formation de ces deux molécules d'hydracide, mais il l'avait attribué à un phénomène de substitution.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation synthétique des homologues du chlorure de benzyle.* Note de M. **Marcel Sommelet**, transmise par M. A. Béhal.

Dans une Note précédente (1), j'ai fait connaître un procédé synthétique de préparation du chlorure de benzyle et de ses homologues qui consiste à faire réagir l'oxyde de méthyle monochloré sur les hydrocarbures benzéniques sous l'action condensante du chlorure stannique :



$$Ar.H + CH^3O.CH^2Cl = Ar.CH^2Cl + CH^3OH.$$

J'ai signalé, en dehors de l'obtention du chlorure de benzyle lui-même, celle des dérivés monochlorométhylés du toluène et des trois xylènes.

Ce procédé, qui ne met en œuvre que des composés définis, conduit rapidement à des produits purs, mais il a le défaut de fournir des rendements qui, pour suffisants qu'ils puissent être pour être pratiques, ne dépassent guère 35 à 40 pour 100 de la valeur théoriquement prévue. Ce résultat est dû à ce que la transformation ne se limite pas à la production du dérivé monochlorométhylé.

Dans le but de fixer la nature des composés qui prennent naissance de façon accessoire, j'ai examiné spécialement le cas de la condensation de l'oxyde de méthyle chloré avec le toluène et j'ai constaté qu'il se forme, à côté du chlorométhyltoluène, un dichlorométhyltoluène, du *p-p*-ditolylméthane et un dérivé chlorométhylé de ce dernier.

Quand on a séparé le chlorométhyltoluène par distillation sous pression réduite, on obtient un résidu visqueux assez coloré; on peut en isoler, par des distillations répétées, deux fractions liquides, toutes deux chlorées, l'une $Eb_{13} = 155\text{-}165°$, l'autre $Eb_{13} = 190\text{-}225°$.

(1) *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 1443.

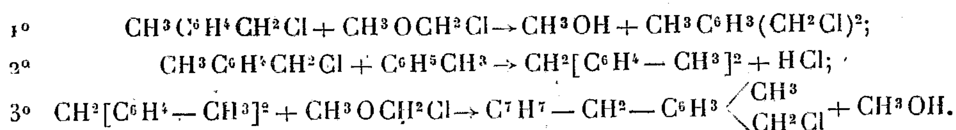
Fraction $Eb_{13} = 155\text{-}165°$. — La rectification seule ne permet pas d'en isoler de composé défini, car elle contient au moins deux substances de points d'ébullition voisins dont l'une est chlorée; cette dernière, quand on traite le mélange par une solution alcoolique de C^6H^5ONa, se transforme en un éther phénylique de volatilité beaucoup moindre et l'on peut, alors, scinder le nouveau mélange en un liquide $Eb_{13} = 158\text{-}163°$ et en un produit solide fixe.

Le produit liquide est non chloré; par rectification et cristallisation, on en peut extraire un corps très bien cristallisé donnant $F = 28\text{-}29°$ et $Eb_{768} = 302°$ (corr.). C'est le ditolylméthane $CH^2(C^6H^4 - CH^3)^2$ (1, 4) identique au produit que l'on peut reproduire en préparant d'abord la diméthyl.-4.4'-benzophénone par réaction du chlorure *p*.-toluique sur le toluène en présence de $AlCl^3$, puis réduisant la cétone obtenue au moyen de l'acide iodhydrique et du phosphore; le diméthyl.-4.4'.-diphénylméthane, ainsi obtenu, fond à 27-27°,3 et distille à 301°,5 (corr.) sous 773^{mm}.

Le produit solide cristallise de l'éther de pétrole en aiguilles fondant à 68-69°, c'est un diphénoxyméthyltoluène $CH^3C^6H^3(CH^2OC^6H^5)^2$ résultant de l'action de C^6H^5ONa sur un dichlorométhyltoluène qui existe dans le mélange primitif. Ce dichlorométhylé peut être préparé en condensant l'oxyde de méthyle chloré avec le *p*-chlorométhyltoluène en présence de $SnCl^4$; il fond à 43°,5; C^6H^5ONa le transforme en dérivé diphénoxylé fondant à 69°.

Fraction $Éb_{13} = 190\text{-}225°$. — Par rectifications successives on en isole une petite quantité d'un liquide chloré distillant à 198-200° sous 12^{mm}, dont la teneur en halogène correspond à celle d'un *chlorométhylditolylméthane* $C^7H^7 - CH^2 - C^7H^6 - CH^2Cl$; ce corps traité par $(CH^3)^2NH$ conduit à l'amine $C^7H^7 - CH^2 - C^7H^6 - CH^2 - N(CH^3)^2$ dont le chlorhydrate cristallise de l'alcool-éther.

En résumé, la condensation de l'oxyde de méthyle chloré avec le toluène en présence de $SnCl^4$ donne lieu, non seulement à la formation du dérivé monochlorométhylé, mais encore aux trois transformations suivantes :



1° $CH^3C^6H^4CH^2Cl + CH^3OCH^2Cl \rightarrow CH^3OH + CH^3C^6H^3(CH^2Cl)^2$;

2° $CH^3C^6H^4CH^2Cl + C^6H^5CH^3 \rightarrow CH^2[C^6H^4 - CH^3]^2 + HCl$;

3° $CH^2[C^6H^4 - CH^3]^2 + CH^3OCH^2Cl \rightarrow C^7H^7 - CH^2 - C^6H^3\langle{}^{CH^3}_{CH^2Cl} + CH^3OH$.

La réaction, au départ des homologues du toluène semble devoir rentrer dans ce schéma.

Les exemples signalés dans ma précédente Note démontraient que, lors de la formation des dérivés monochlorométhylés des homologues du toluène, la fixation du groupement $- CH^2Cl$ s'effectue, chaque fois que la chose est possible, en para par rapport à une chaîne latérale; c'est la règle quand il s'agit d'un monoalcoylbenzène. L'éthylbenzène, le propylbenzène, l'isopropylbenzène, le pseudobutylbenzène, en effet, donnent naissance à des dérivés *p*-chlorométhylés faciles à transformer en alcools benzyliques

ou aldéhydes benzoïques correspondants. L'oxydation des aldéhydes a conduit à des acides reconnus tous comme acides benzoïques substitués en para.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les arylamino-1-naphtoquinones-2-.* Note (¹) de MM. R. Lantz et A. Wahl, transmise par M. A. Haller.

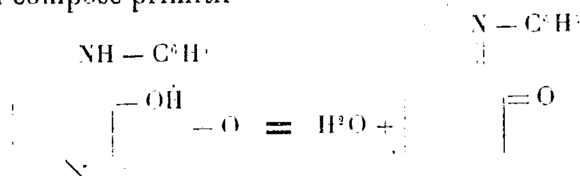
Nous avons décrit, il y a déjà quelque temps (²), les arylamino-1-oxy-2-naphtalènes qui s'obtiennent aisément par la réaction des α-halogéno-β-naphtols sur les amines aromatiques primaires. Ces nouveaux composés se dissolvent dans les alcalis caustiques aqueux, et ces solutions ne tardent pas à s'altérer au contact de l'air, en se colorant et en se recouvrant d'une pellicule d'un produit de transformation. Cette sensibilité vis-à-vis de l'oxygène, ainsi que l'intérêt pratique que pouvaient présenter les produits d'oxydation, nous a incités à entreprendre l'étude de l'action des oxydants, sur les arylamino-1-oxy-2-naphtalènes. Nos recherches ont d'abord porté sur le terme le plus simple, le phénylamino-1-oxy-2-naphtalène et nous avons reconnu qu'en agitant à l'air la solution acétonique de ce composé, rendue légèrement alcaline, elle se colore rapidement en vert émeraude et laisse alors déposer, par évaporation, de belles aiguilles d'un vert foncé. L'agitation au contact de l'air peut être remplacée par l'addition d'un oxydant comme le persulfate d'ammoniaque, l'hypochlorite de soude, l'iode, le bioxyde de plomb, etc. Le procédé le plus pratique pour préparer ce produit d'oxydation est le suivant.

On dissout 94^g de phénylamino-1-oxy-2-naphtalène ($\frac{2}{5}$ de molécule) dans 80^{cm^3} soude caustique à 40° Bé en ajoutant 700 à 800^{cm^3} d'alcool, pour favoriser la dissolution. Celle-ci est alors versée dans 14^l d'eau glacée et dans cette solution, filtrée s'il y a lieu et fortement agitée, on laisse couler lentement 326^{cm^3} d'une solution d'hypochlorite de soude à 8 pour 100 de chlore actif diluée dans $7^l,5$ d'eau, c'est-à-dire une quantité d'oxydant correspondant à 1^{at} d'oxygène. On maintient la température vers + 5° et l'on suit la disparition du chlore. La réaction terminée, le produit est essoré rapidement, lavé à l'eau glacée, pressé et immédiatement cristallisé dans l'acétone étendue. Le rendement en produit brut est pratiquement

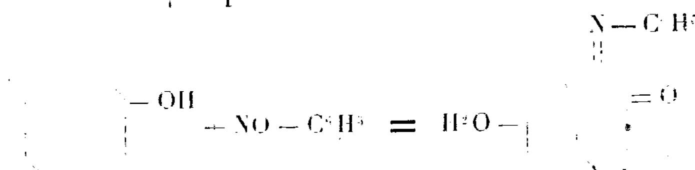
(¹) Séance du 20 avril 1925.

(²) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 171.

quantitatif. On obtient ainsi de beaux cristaux vert foncé solubles dans l'éther, l'acétone, le sulfure de carbone, avec une coloration bleu vert intense qui, au bout de quelque temps, devient jaune sale par suite de la précipitation d'un produit de transformation jaune brun amorphe. Cette altération se produit même sur le composé pur et sec à la température ordinaire, elle est instantanée au voisinage du point de fusion (100°). L'analyse élémentaire a donné les chiffres suivants [1] qui conduisent à la formule $C^{16}H^{11}ON$ du dérivé quinonique qui résulte de l'élimination de 2 atomes d'hydrogène du composé primitif



Il s'agit donc de la *phénylimino-1-naphtoquinone-2* déjà décrite par H. Euler [2], qui l'obtient par un procédé très différent : il condense le nitrosobenzène avec le β-naphtol suivant le schéma :



Nous avons pu vérifier, en effet, que les composés obtenus par ces deux voies sont bien identiques. D'autre part, la réduction de la phénylimino-1-naphtoquinone-2 par l'amalgame d'aluminium fixe sur elle 2 atomes d'hydrogène et régénère le dérivé phénylaminé.

A ce propos, nous signalerons une confusion vraiment inexplicable qui s'est glissée dans le travail d'Euler. Après avoir décrit, dans un premier Mémoire, la phényliminonaphtoquinone (1.2-naphtoquinone anile), il en prépare, dans le Mémoire suivant, le leuco-dérivé [3] qu'il appelle *1.2-naphtohydroquinone anile*. Mais, dans cette préparation, il utilise l'α-naphtol, en place de β-naphtol, ce qui, à la rigueur, pourrait être considéré comme une erreur d'impression, si la formule de constitution ne s'y trouvait pas,

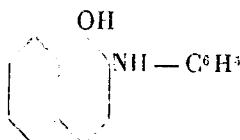
---

[1] Trouvé pour 100 : C = 82,25 ; H = 4,9 ; N = 6,09. Calculé : C = 82,84 ; H = 4,7 ; N = 6,0.

[2] H. EULER, *Berichte*, 39, 1906, p. 1040.

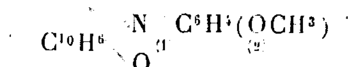
[3] ASTRID et H. EULER, *Berichte*, 39, 1906, p. 1041.

elle aussi, inversée et dérivée de l'α-naphtol au lieu du β-naphtol. De telle sorte que le composé qu'il obtient est, en réalité, identique avec notre phénylamino-oxy-2-naphtalène, tandis qu'il lui attribue la constitution inverse d'une phénylamino-2-oxy-1-naphtalène :

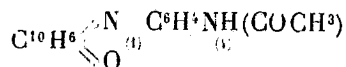


C'est avec cette constitution que ce produit se trouve catalogué dans la littérature ([1]), tandis que le véritable composé n'y figure pas.

La méthode d'Euler fournit des rendements qui n'atteignent pas 50 pour 100 et ne peut être appliquée qu'aux dérivés nitrosés susceptibles d'être préparés ou d'exister. Par contre, l'oxydation des arylamino-1-oxy-2-naphtalènes est une réaction qui donne des rendements souvent quantitatifs et paraît très générale. Nous l'avons constatée avec tous les représentants que nous avons préparés jusqu'ici. Mais la grande instabilité de ces dérivés quinoniques ne nous a permis que d'en isoler un petit nombre. Ainsi l'oxydation de l'orthométhoxyphénylamino-1-oxy-2-naphtalène fournit l'*orthométhoxyphénylimino-1-naphtoquinone-2*



qui cristallise, comme le précédent, en cristaux vert foncé, solubles dans les dissolvants organiques avec une coloration bleu vert. De même l'oxydation de la *p*-acétylamino-*p*-phénylamino-1-oxy-2-naphtalène conduit à la *p-acétylamino-phénylimino-1-naphtoquinone-3*



qui présente des caractères analogues aux précédents.

Les autres dérivés arylaminés se comportent, vis-à-vis des oxydants, d'une manière identique, mais les dérivés quinoniques formés s'altèrent trop

---

([1]) RICHTER, *Lexikon der Kohlenstoffverbindungen*; RICHTER, *Traité de Chimie organique*, traduction française, 2, p. 723.

rapidement pour qu'on puisse les purifier et les soumettre à l'analyse. L'instabilité de ces composés semble liée à leur grande capacité réactionnelle.

GÉOLOGIE. — *L'âge relatif des silex et dolomies de la craie du Bassin de Paris.* Note de M. **L. Cayeux**, présentée par M. H. Douvillé.

Il arrive que les accidents dolomitiques, développés dans les craies turoniennes et sénoniennes du Bassin de Paris, renferment des silex. On peut alors fixer dans d'excellentes conditions l'ordre de succession des silex et dolomies en présence. Au fond, le problème se pose exactement comme celui des phtanites et dolomies du calcaire carbonifère [1].

Deux cas se présentent :

1. *Les silex, patine comprise, sont antérieurs à la dolomitisation.* — Les falaises crayeuses de Normandie montrent en différents points, et notamment dans la région d'Étretat, des lentilles de craie dolomitique et de dolomie typique passant latéralement à la craie normale. De part et d'autre, il y a des silex. Et les silex de la craie dolomitisée ne diffèrent en rien, au point de vue macroscopique, de ceux de la craie proprement dite. Dimensions, degré de fréquence, coloration, cassure, patine, tout est pareil, comme si la présence de la dolomie n'avait exercé aucune influence sur leur développement. Le fait est particulièrement net pour des dolomies du Turonien tout à fait supérieur.

Les silex de ces dolomies turoniennes, généralement riches en spicules d'Eponges, — on en peut compter jusqu'à une centaine par préparation —, renferment des débris de Bryozoaires, quelques plaques d'Oursins, et des Foraminifères en nombre très variable et souvent très restreint. Bien que les silex soient inclus en pleine dolomie, les Bryozoaires sont tout entiers calcaires, et les débris d'Oursins, plus ou moins silicifiés, ont conservé une trame calcaire. Tels de ces silex sont pétris de restes organiques originellement calcaires et maintenant silicifiés.

Il n'y a pas que les Bryozoaires et Echinodermes qui aient, en totalité ou en partie, échappé à la silicification. Une foule de silex contiennent, en effet, des témoins de la roche mère, non silicifiés, ici clairsemés, et là très

---

[1] L. Cayeux, *L'âge relatif des phtanites et dolomies du calcaire carbonifère du Nord de la France et de la Belgique* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 843-846).

répandus, et, par exception, assez volumineux pour être visibles à l'œil nu. Or ces témoins sont invariablement calcaires et nullement dolomitiques.

A l'exemple de la masse principale du silex, la patine est complètement dépourvue d'éléments dolomitiques, et les débris de la roche mère qu'on y peut rencontrer en grand nombre se réclament exclusivement de la craie.

En fait, ces silex sont absolument identiques à ceux de la craie développée dans le prolongement des lentilles dolomitiques lorsqu'elles disparaissent.

Dans le cas où les silex sont subordonnés à une craie dolomitique, la dolomitisation partielle a laissé subsister un certain nombre d'organismes et notamment des Fissurines souvent percées par des rhomboèdres de dolomie. Lorsque la métamorphose a été complète, il ne reste rien, ni de la craie, ni de ses organismes.

De cette brève analyse quatre faits sont à retenir : A. La dolomie en question ne date pas de l'origine du dépôt et résulte de l'épigénie d'une craie. B. La dolomitisation de la craie est synonyme de l'anéantissement de tous les organismes, qu'ils soient siliceux ou calcaires. C. Dès l'instant que les organismes sont conservés dans les silex, c'est que la silicification est antérieure à la dolomitisation; autrement dit, le silex a pris naissance en milieu crayeux et non en milieu dolomitique. D. L'indépendance absolue des deux phénomènes, silicification et dolomitisation, implique l'existence d'un laps de temps indéterminé entre la genèse des silex et la formation de la dolomie.

2. *Les silex achèvent de se former au début de la dolomitisation.* — Tel est le cas pour les silex de la dolomie subordonnée à la craie à *Micraster cor anguinum* de la région de Beynes, en Seine-et-Oise. Abstraction faite de la patine, ces silex ne se distinguent pas du tout, au microscope, de ceux de la craie blanche non modifiée. Le degré de finesse de la roche est rigoureusement le même, et les organismes, ainsi que leur mode de fossilisation sont également les mêmes. De ces organismes il n'y a plus la moindre trace dans la dolomie qui renferme les rognons.

Dans l'espèce, le silex n'est plus à proprement parler un corps étranger dans la dolomie, car il s'y rattache intimement par une zone de transition, qui n'est autre que la patine. Du côté interne, cette zone a pour base un fond de silex typique, chargé de rares inclusions dolomitiques. Au voisinage et au contact de la craie dolomitisée, la patine est à la fois dolomitique et siliceuse, la silice et la dolomie prédominant tour à tour suivant les points, avec cette particularité que les organismes continuent à exister

dans les espaces silicifiés, alors qu'il n'en subsiste pas le moindre vestige dans les plages transformées en dolomie. Dès que la dolomie se développe à dose massive, toutes les structures organisées s'effacent, suivant la règle, et la roche se résout en un agrégat, soit de grains irréguliers moulés les uns sur les autres, soit de grains et rhomboèdres.

Bref, l'histoire des silex de la craie dolomitisée de Beynes est semblable à celle des silex de la dolomie des falaises crayeuses de Normandie, sous réserve que dans la zone de transition il y a lutte, pour ainsi dire, entre la silicification qui finit et la dolomitisation qui commence. En d'autres termes, les deux phénomènes, au lieu d'être nettement séparés dans le temps, comme ils le sont en Normandie, empiètent l'un sur l'autre.

Conclusion. — La comparaison des silex et phtanites des dolomies, tout en soulignant les plus grandes analogies dans l'histoire des deux types d'accidents siliceux, fait ressortir une différence très appréciable. Le chevauchement de la dolomitisation sur la silicification est un phénomène incomparablement plus fréquent dans les phtanites que dans les silex, et, par surcroît, il se produit à une échelle beaucoup plus grande. Mais pour les uns comme pour les autres, la silicification se fait aux dépens du carbonate de chaux.

MÉTÉOROLOGIE. — *La capacité pluviale du courant équatorial, facteur périodique du climat.* Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. Bigourdan.

En analysant les observations faites depuis plus d'un demi-siècle à l'Observatoire de Montsouris, on est amené à une constatation dont la portée dépasse probablement de beaucoup les limites de la région parisienne.

L'examen des hauteurs de pluie avait déjà montré ([1]) qu'un changement s'était produit vers 1900 pour la pluviosité des sept mois de novembre à mai, qui étaient devenus en moyenne, depuis lors, plus pluvieux que précédemment, la différence atteignant 27 pour 100 de la moyenne générale des cinquante ans.

La source de nos pluies étant le courant aérien chaud et humide qui nous vient d'entre Sud et Ouest et qui est connu, depuis Dove, sous le nom de *courant équatorial*, il était naturel de supposer que la fréquence de ce

([1]) Voir *Annales des Services techniques d'Hygiène de la Ville de Paris*, 5, 1923, p. 194.

courant pour les sept mois précités avait présenté une variation semblable à celle de la hauteur de pluie.

Or il n'en est pas ainsi : elle a varié d'une façon tout à fait irrégulière, tandis que de juin à octobre, saison où la hauteur de pluie n'avait pas accusé de changement de régime, la fréquence du courant équatorial s'est montrée notablement plus grande avant 1900 qu'après.

Cette incohérence disparaît si l'on prend le rapport de la hauteur de pluie au nombre d'observations trihoraires du courant équatorial (¹). On se trouve en présence d'un résultat inattendu.

Au cours des 50 ans, ce rapport a éprouvé, dans les deux saisons consi-

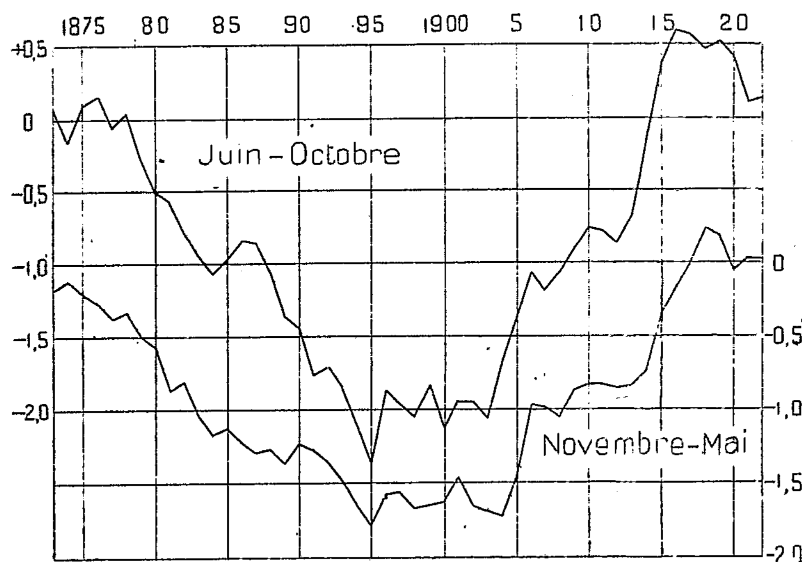


Fig. 1. — Rapport de la hauteur de pluie à la fréquence du courant équatorial à Montsouris. Sommes des écarts accumulés d'année en année.

dérées, des fluctuations remarquablement semblables, ainsi que le montrent les figures 1 et 2.

Dans la première, pour faire ressortir surtout l'allure générale de la variation, on a représenté la somme des écarts successivement accumulés (²).

(¹) A Montsouris, on est conduit à classer sous ce nom les directions S, SSW, SW et la moitié des directions SSE et WSW.

(²) Soient r_1, r_2, r_3, ... les valeurs de rapport pour les années successives, m leur moyenne arithmétique et $e_1 = r_1 - m$, $e_2 = r_2 - m$, $e_3 = r_3 - m$, ... les écarts; la somme des écarts accumulés est successivement e_1, $e_1 + e_2$, $e_1 + e_2 - e_3$, ...

Cette somme s'abaisse si les écarts ont une tendance soutenue à être négatifs, et s'élève dans le cas contraire.

Lorsqu'on fait correspondre, comme dans la figure, chaque été à l'hiver qui a suivi immédiatement, le facteur de corrélation des deux lignes est maximum et atteint la valeur 0,96.

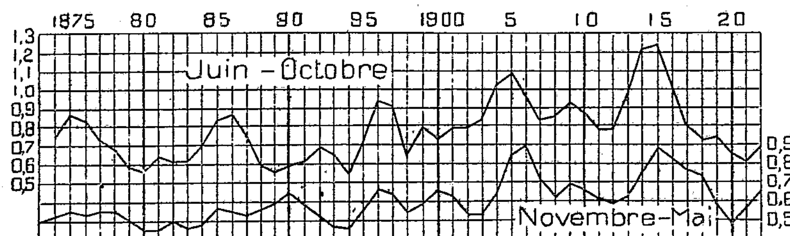


Fig. 2. — Rapport de la hauteur de pluie à la fréquence du courant équatorial à Montsouris. Valeurs arrondies.

D'une façon générale, le rapport considéré a varié, dans l'une et l'autre saison, comme la hauteur de pluie d'octobre à mars, ayant visiblement oscillé autour d'une valeur plus faible avant 1900 qu'après. De ce qui vient d'être dit sur la condition du maximum de corrélation il résulte en outre que les modifications du rapport commencent généralement en été avant de se faire sentir en hiver.

Dans la figure 2, on a représenté les valeurs mêmes du rapport, après les avoir arrondies par le procédé habituel, en doublant chacune d'elles, ajoutant la précédente et la suivante et divisant par 4. Comme dans la figure 1 le parallélisme des deux variations saisonnières est presque parfait. On y remarque de plus une périodicité de 10 ans qui se voit déjà très bien sur le graphique des valeurs brutes du rapport (non reproduit ici, faute de place).

La ligne relative à l'été présente en outre, entre les maxima principaux, des sinuosités secondaires, qui semblent révéler l'existence d'une autre période d'environ 5 années, assez apparente aussi en hiver.

Le nom de *capacité pluviale du courant équatorial* paraît assez bien convenir à ce rapport, dans lequel on rencontre pour la première fois un facteur climatique variant de la même manière d'une année à l'autre dans les deux saisons et montrant une périodicité qui ne laisse aucun doute.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur les déséquilibres de concentration amenés par la diffusion.* Note de M. E. **Demoussy**, présentée par M. J. Perrin

Les cellules végétales présentent souvent, pour certains sels minéraux solubles, une concentration bien supérieure à celle du milieu extérieur; le suc cellulaire d'une racine est plus riche en nitrate ou en chlorure de potassium que les liquides du sol. Et j'ai observé autrefois que des racines déjà chargées d'un de ces sels peuvent cependant en prendre encore à des solutions plus pauvres. Ces faits apparaissent comme contraires aux principes de la diffusion, et n'ont pas encore reçu d'explication satisfaisante; J. Loeb envisageait la possibilité d'une combinaison lâche avec le protoplasma vivant, et récemment M. Lapicque faisait intervenir les mouvements protoplasmiques.

J'ai abordé une partie du problème en cherchant à reproduire de tels déséquilibres; j'ai pu le faire par des moyens purement physico-chimiques, conformes aux lois de la diffusion.

En soumettant à la diffusion (ou à la dialyse, comme l'a montré le premier M. P. Girard) contre de l'eau un mélange d'un acide peu ionisé et peu diffusible, acide formique, et d'un sel à anion mobile, Cl ou NO^3, celui-ci diffuse en excès par rapport au métal, d'autant plus que ce métal est moins mobile; au point de vue chimique il y a déplacement de HCl, qui émigre vers la partie supérieure du liquide, aux dépens de la solution initiale située en bas [1].

Effectuons la diffusion, non plus vers l'eau pure, mais vers une solution du même acide faible introduit dans le mélange, et de même concentration. Le déplacement de HCl se traduit alors par des variations de l'acidité; au début le même partout, le titre acide croît à la partie supérieure et diminue à la base; les différences sont de l'ordre de 6 pour 100.

Inversement prenons un mélange d'un acide très ionisé et très diffusible, et d'un sel à acide faible; surmontons-le d'une solution du même acide fort, de même titre. L'addition de formiate ou d'acétate de calcium à HCl, dont l'ionisation est très avancée, va réduire la concentration en ions H, puisque l'acide organique est peu dissocié. La couche liquide voisine, qui ne contient que HCl, est donc plus riche en ions H; ceux-ci émigreront alors pour rétablir l'équilibre, accompagnés d'ions Cl.

---

[1] E. Demoussy, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 208.

Comme la diffusion de l'acide organique est beaucoup plus lente, le titre acide de la couche inférieure s'accroît aux dépens de la couche supérieure; il en est de même pour le chlore.

Le volume total du liquide, homogène en HCl, étant de 400^{cm^3}, l'acétate de calcium est contenu dans les 50^{cm^3} inférieurs. En suivant, par des titrages, les variations d'acidité, on trouve qu'après un certain temps les chiffres se stabilisent pendant quelques jours; puis les différences s'atténuent, mais très lentement, l'homogénéité complète tendant à s'établir. Les nombres suivants se rapportent à l'époque du maximum de différence.

Composition initiale.		Composition après 10-12 jours.					
		Acidité de 10^{cm^3} en mg HCl.			Chlore de 10^{cm^3} en mg HCl.		
Acidité homogène.	$CaAc^2$ de la partie inférieure.	Bas.	Haut.	Rapport.	Bas.	Haut.	Rapport.
HCl 0,2 N ($10^{cm^3} = 73^{mg}$ HCl)...	0,2 N	87,6	63,5	1,4	90,5	62,8	1,4
HCl 0,1 N ($10^{cm^3} = 36^{mg},5$ HCl).	0,2 N	56,2	26,3	2,1	53,6	26,3	2,0
» » .	0,5 N	50,4	18,6	2,7	54,0	20,4	2,6
» » .	N	52,6	17,8	3,0	56,9	18,6	3,0

Le déséquilibre peut donc atteindre des valeurs considérables, le rapport des concentrations s'élevant à 3 dans le dernier cas. Le chlore et l'acidité varient presque parallèlement.

La dialyse fournit des résultats analogues, mais beaucoup plus rapidement. Des sacs cylindriques en papier parchemin recevaient 50^{cm^3} de la solution mixte, ils étaient plongés dans 150^{cm^3} d'une solution aqueuse d'HCl de même titre. Le changement de concentration est maximum après 4 heures; le liquide intérieur présente alors une acidité et une teneur en chlore bien supérieures à celles de l'extérieur.

Avec de l'acétate de calcium 0,2 N et une acidité, uniforme, de $36^{mg},5$ HCl pour 100^{cm^3} (HCl 0,1 N), on trouve, après 4 heures, que cette acidité s'est élevée à 60^{mg} pour le liquide intérieur, et s'est abaissée à 29^{mg} à l'extérieur. Le chlore varie de la même façon, les nombres correspondants sont 56,3 et 2,90.

On a donc réalisé une cellule artificielle où vient s'accumuler une substance soluble au point d'y présenter une concentration double de celle du liquide extérieur; c'est bien l'imitation de ce que l'on observe pour les cellules vivantes; avec cette différence que chez celle-ci l'excès de concentration paraît correspondre à un état stable.

L'analogie se poursuit encore sur un autre point. Il est connu que les cellules vivantes tendent à s'assurer un excès osmotique sur la solution qui

les baigne; leur pression osmotique s'élève lorsque la pression intérieure augmente; c'est l'*anatonose* de Van Rysselberghe. De plus il existe une zone de concentration pour laquelle l'excès osmotique lui-même s'accroît, c'est-à-dire que la turgescence augmente. Certaines de mes expériences montrent aussi une osmose anormale.

La dialyse d'une solution décime en HCl et en acétate de calcium contre HCl décime conduit à un déséquilibre marqué de l'acidité; après 3 heures le liquide intérieur contient 37 pour 100 de HCl de plus que l'extérieur. D'autre part la détermination des abaissements cryoscopiques des solutions montre que non seulement la pression osmotique du liquide intérieur a augmenté, mais en outre que son excès osmotique s'est accru. Le tableau donne les valeurs de ces pressions en atmosphères.

	Extérieur HCl seul.	Intérieur HCl + 0,5 Ca Ac².	Excès osmotique I — E.
	atm	atm	atm
Au début..........	4,7	5,9	1,2
A la fin...........	4,3	6,7	2,4
Variation..........	−0,4	+0,8	+1,2

Le déséquilibre osmotique s'est accentué; la turgescence de la cellule, représentée par l'excès osmotique, a doublé.

Ici également, l'accroissement de concentration n'est pas nécessairement accompagné d'un accroissement de turgescence; celui-ci ne se manifeste plus lorsqu'on emploie un excès d'acétate qui joue alors le rôle de tampon.

Il est possible que des actions de cet ordre soient en jeu chez les végétaux, mais les conditions très spéciales de ces expériences ne permettent pas d'avancer qu'elles fournissent l'explication des changements de concentration et de pression observés dans la nature.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action combinée de l'acide chlorhydrique et du sodium métallique sur le rougissement d'un flavone extrait des feuilles rouges de* Prunus Pissardi. Note de M. **St. Jonesco**, présentée par M. M. Molliard.

On connaît bien l'explication donnée aux phénomènes de réduction, qui provoquent la transformation de divers chromogènes végétaux en un pigment rouge de nature anthocyanique. De l'hydrogène naissant, fourni par la décomposition de l'amalgame de sodium en présence de l'acide chlorhydrique, produit cette transformation. Rappelons, à cet égard, les

premiers essais de Hlasiwetz et Pfaundler exécutés sur la quercétine; ceux de R. Combes sur un pigment jaune de l'*Ampelopsis* et ceux d'Everest sur différents chromogènes de plantes. Ajoutons enfin les expériences de Willstätter et Mallison qui consistent dans la réduction de la quercétine en cyanidine.

Dans l'étude que nous avons entreprise sur les différents pigments anthocyaniques de feuilles rouges de *Prunus Pissardi* nous avons extrait, accessoirement, un pigment jaune, dont les plus essentielles propriétés le rattachent au groupe de corps jaunes qui appartiennent à la classe des flavones. Ce pigment, dont nous indiquerons plus bas les caractères les plus importants, jouit, en outre, de la propriété de se transformer en pigment rouge sous l'influence de l'amalgame de sodium mis en présence de l'acide chlorhydrique.

Le corps jaune, qui fait l'objet de cette Note, a été retiré des feuilles rouges d'automne de *Prunus Pissardi* par l'épuisement prolongé avec de l'éther sulfurique ([1]). Ce dissolvant enlève aux feuilles rouges plusieurs corps parmi lesquels un pigment jaune qui, après sa purification, se présente comme une poudre insipide, d'un jaune brillant.

Cette poudre est insoluble dans l'eau froide, très peu soluble dans l'eau bouillante, d'où elle se dépose immédiatement par refroidissement; elle est insoluble dans les acides dilués, presque insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré. Dans l'acide sulfurique concentré, elle se dissout en donnant une solution qui présente une forte fluorescence bleu verdâtre. Ce corps se dissout facilement dans les alcalis en prenant une coloration jaune foncé, enfin il est très soluble dans l'alcool méthylique, l'alcool éthylique, l'éther sulfurique, plus difficilement soluble dans l'alcool amylique. De toutes ses propriétés, il résulte que la substance extraite des feuilles rouges de *Prunus Pissardi* est un corps flavonique se rapprochant de la quercétine et de ses dérivés.

Sur cette substance fraîchement préparée et dissoute dans l'alcool éthylique nous avons d'abord fait agir l'amalgame de sodium en présence de l'acide chlorhydrique. Le résultat de l'action de l'amalgame a été le rougissement de la solution alcoolique, qui renfermait le pigment. On pourrait croire d'abord que ce rougissement est dû à l'action de l'hydrogène naissant qui se dégage par la décomposition de l'amalgame sous l'influence de l'acide; mais si tel était le cas, le même phénomène devrait se produire

([1]) Les feuilles bien desséchées sont transformées en une poudre fine, qui est traitée par l'éther sulfurique. L'épuisement a duré presque une année.

lorsqu'on fait agir sur le pigment jaune l'hydrogène naissant seul, fourni par le zinc en présence des acides minéraux. Or tous les essais que nous avons effectués sur ce pigment, avec de l'hydrogène naissant produit par le zinc et l'acide chlorhydrique, nous ont donné des résultats négatifs.

Il est alors à supposer que ce n'est pas l'hydrogène qui transforme le chromogène flavonique en pigment rouge, mais un élément tout autre, qui se produit dans l'ensemble des réactions produites par la décomposition de l'amalgame. Une simple analyse de ces réactions nous fera voir la possibilité du rougissement. En effet, l'acide chlorhydrique sépare le mercure du sodium métallique qui devient libre; c'est ce dernier métal qui agit et transforme le flavone non pas en un pigment rouge, mais en un produit susceptible de se colorer en présence de l'acide chlorhydrique. Pour démontrer cette assertion, il suffit de faire agir le sodium métallique seul sur le pigment jaune en solution alcoolique. L'action du sodium est énergique mais il ne se produit aucune coloration rouge.

La solution, sous l'influence de ce métal, devient successivement jaune intense, jaune verdâtre pour finir par prendre une coloration jaune brun. Si l'on ajoute à cette solution de l'acide chlorhydrique fort, il se produit un précipité blanc cristallin et la liqueur prend de suite une belle couleur rouge.

Il résulte de ces expériences que ce n'est pas l'hydrogène naissant, et pas davantage le sodium métallique seul, qui produit la pigmentation rouge du chromogène; la coloration apparaît seulement en présence de l'acide. C'est, de même, le sodium qui modifie le pigment en solution alcoolique lorsqu'on y ajoute de l'amalgame et de l'acide. L'acide chlorhydrique décompose d'abord l'amalgame en mercure et en sodium métallique. Ce métal devenu libre agit sur le pigment de la même façon que dans l'expérience dont il a été question plus haut. Le milieu de cette réaction étant acide, la coloration rouge se produit en même temps que l'hydrogène naissant se dégage, mais cet hydrogène n'exerce aucune action sur le pigment, comme nous venons de le démontrer.

Par conséquent il ne s'agit pas d'une action réductrice de l'hydrogène naissant, car si ce gaz était l'agent réducteur du chromogène, le rougissement aurait lieu de même lorsque l'hydrogène est fourni par le zinc, sous l'influence de l'acide chlorhydrique. Le sodium métallique, réducteur énergique, n'est pas non plus l'agent du rougissement ; cela résulte avec évidence, du fait qu'aucune coloration rouge n'apparaît quand il agit tout seul sur le chromogène. Le sodium métallique opère cependant une profonde modification du pigment qui devient susceptible de se colorer en présence de l'acide chlorhydrique.

PHYSIOLOGIE. — *Action anticoagulante des sels de zinc.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. Roux.

Au cours de certaines recherches biologiques, l'expérimentation est troublée par des coagulations qui se produisent dans les vaisseaux, principalement lorsque des interventions chirurgicales ont fait pénétrer dans la circulation des sucs tissulaires favorisant le phénomène.

Pour éviter cet inconvénient, nous avons d'abord tenté de recourir aux sels d'acides polybasiques (mucates, aconitates, sulfosalicylates, etc.) auxquels nous avons récemment trouvé des propriétés anticoagulantes analogues à celles du citrate de soude ([1]).

Le mucate de soude qui empêche *in vitro* la coagulation à la dose de 4 pour 1000 et les autres composés polybasiques qui agissent de la même manière, à la concentration de 10 pour 1000, produisent un effet inverse quand ils sont injectés dans le sang : ils raccourcissent le temps de coagulation *in vivo*.

Peut-être pourrait-on utiliser cette action paradoxale pour combattre les hémorragies, comme l'ont fait Rosenthal et Baer en Amérique et Renaud et Juge en France, lorsqu'ils ont employé, dans ce but, le citrate de soude.

L'incoagulabilité du sang *in vivo* ne pouvant être réalisée par les substances polybasiques, les injections de peptone ne nous ayant pas donné, d'autre part, des résultats constants, une observation fortuite nous a conduits à la solution que nous cherchions.

Ayant eu l'occasion d'examiner le cadavre d'un cobaye dont l'autopsie avait été pratiquée quelques heures auparavant, nous avons constaté, avec une certaine surprise, que le sang qui s'était répandu sur le plateau de zinc de la table d'opérations n'était pas encore coagulé, bien que l'animal n'ait été soumis à aucun traitement susceptible d'expliquer cette incoagulabilité. Nous avons aussitôt supposé que le contact du métal avec le sang pouvait en être la cause et nous avons constaté, en effet, qu'à la dose de 1/2000e, le sulfate de zinc empêche complètement la coagulation sanguine *in vitro*.

Cette propriété empêchante se manifeste aussi bien *in vivo*, contrairement à ce qui a lieu pour le citrate de soude et les corps similaires.

En injectant 5^{mg} de sulfate de zinc par kilogramme d'animal, dans la

([1]) Auguste Lumière, *Sur quelques nouveaux corps anticoagulants de composition chimique définie* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 866).

circulation du cobaye, on ne détermine qu'une légère stupeur et la coagulation du sang est alors suffisamment retardée pour qu'on n'ait plus à redouter l'obstruction des capillaires ou des appareils enregistreurs par des caillots.

A la dose de 15^{mg} par kilogramme, l'injection intracardiaque de sel de zinc provoque une raideur des membres qui persiste pendant une minute environ, puis l'animal guérit. Quand on atteint la dose de 3^{cg} par kilogramme, un choc grave survient qui dure quelques minutes, mais le cobaye survit.

Une solution de sulfate de zinc à 1 pour 100 injectée lentement dans la saphène d'un chien de 14^{kg} commence à donner quelques accidents de choc quand on a administré 15^{cg} de produit; si l'on suspend alors l'injection pour la reprendre 5 minutes plus tard, on peut encore introduire 20^{cm^3} de solution dans le torrent circulatoire, soit en tout 35^{cg} de sel de zinc, avant que de nouveaux accidents surgissent. A cette dose, l'animal vomit abondamment et à plusieurs reprises, puis une débâcle intestinale se produit, suivie de selles diarrhéiques et de soif intense. Tous ces troubles cèdent rapidement.

L'effet maximum de l'injection n'étant pas immédiat, on attend une demi-heure avant de pratiquer une petite incision à l'extrémité de l'oreille pour recueillir un peu de sang, mais celui-ci coule abondamment et l'hémorragie persiste pendant plus de deux heures. Pour l'arrêter, on est sur le point de recourir à la galvanocautérisation, quand elle finit par céder à la compression.

Le sang recueilli ne subit qu'un léger commencement de coagulation 35 minutes après le prélèvement et, 15 heures plus tard, il est encore dans le même état semi-liquide.

Les sels de calcium ajoutés au sang rendu incoagulable par le sulfate de zinc ne lui restituent pas sa propriété de coaguler, à l'encontre de ce qui se passe avec l'oxalate, le citrate et les sels d'acides polybasiques. Ce fait semble montrer que le mécanisme de l'anticoagulation par les sels zinciques est différent de celui qui intervient dans l'action du citrate.

Grâce à l'injection de 2^{mg} de sulfate de zinc dans la circulation du cobaye, nous avons poursuivi une étude dans laquelle nous avions échoué faute de pouvoir éviter la coagulation *in vivo*; nous sommes parvenus notamment à maintenir la vie organovégétative, pendant plusieurs heures, avec respiration artificielle, en l'absence complète de tous les centres nerveux supérieurs (cerveau, cervelet et bulbe).

Cet artifice expérimental nous permettra sans doute de préciser le rôle

des centres dans le maintien de l'équilibre sympathique, dans les chocs anaphylactiques et anaphylactoïdes ainsi que dans nombre de phénomènes vitaux.

PHYSIOLOGIE. — *Variations comparatives de la glycémie artérielle (effective et protéidique) et de la teneur du foie en glycogène chez le Pigeon normal et chez le Pigeon soumis à un régime déséquilibré par manque de facteur hydro-soluble B.* Note de Mme **L. Randoin** et M. **E. Lelesz**, présentée par M. F. Henneguy.

Des recherches antérieures ont nettement montré que le facteur B joue un rôle primordial dans l'utilisation, par l'organisme, d'un des trois principes énergétiques, — *les glucides* —, c'est-à-dire de celui qui, quantitativement et qualitativement, est considéré comme le plus important (1).

Relativement aux variations du taux des divers glucides de l'économie (formes circulante et de réserve) provoquées par l'absence de facteur B dans le régime, les faits suivants ont été signalés : la teneur en sucre libre du sang augmenterait à la fin de la maladie (Funk, Ogata, Collazo); cette hyperglycémie serait précédée d'une hypoglycémie (Collazo) et elle serait toujours accompagnée de la disparition du glycogène hépatique. Mais ces recherches, sauf celles de Collazo, n'ont été faites qu'à la fin de la carence, et pour la plupart avec du *riz poli* (aliment fort mal équilibré) donné *à volonté* (d'où inanition partielle par suite d'une forte diminution de l'appétit). Magne et Simonnet, qui ont utilisé des régimes artificiels, affirment que le Pigeon carencé possède encore des réserves de glycogène.

Technique. — Nos recherches ont porté sur 90 Pigeons pesant tous environ 450g; elles ont été effectuées au moyen de trois lots d'animaux :

A. 27 Pigeons recevant une nourriture naturelle (mélange de graines).

B. 27 Pigeons recevant un régime artificiel complet.

C. 36 Pigeons recevant un régime artificiel, privé uniquement de facteur B.

Ce dernier régime étant très riche en *dextrine*, les crises se produisent assez rapidement : au bout de 20 jours en moyenne.

Au lieu de fournir aux Pigeons du lot B 1g,20 *de levure de bière sèche* (source de facteur B), en supplément, par animal et par jour, nous avons préféré préparer un second régime en *substituant* la levure à un poids égal de protides + glucides, de manière à ne pas avantager ces Pigeons témoins, et nous avons alors donné aux

(1) Mme L. Randoin et H. Simonnet, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 903; 178, 1924, p. 963; 179, 1924, p. 700 et 1219.

individus des lots B et C la même ration quotidienne, soit 20^{g}, administrés *par gavage*. Par conséquent, même apport énergétique, jamais de sous-alimentation.

Régime dépourvu de facteur B : Caséine, 8,5; muscle, 7,5; graisse de beurre, 4; dextrine, 66; agar-agar, 8; papier filtre, 2; mélange de sels, 4.

Régime artificiel complet : Caséine, 6,5; muscle, 5,5; *levure de bière sèche*, 6; graisse de beurre, 4; dextrine, 64; agar-agar, 8; papier filtre, 2; mélange de sels, 4.

La durée de la maladie a été partagée en trois périodes :

Première période : poids normal, température normale, pas de symptômes nets.

Deuxième période : baisse de poids et de température, paralysies, etc.

Période prémortelle : crises convulsives violentes.

Le *poids* et la *température centrale* de tous les animaux ont été déterminés chaque jour. Au cours de chaque période, nous avons recherché :

1° le taux du *sucre libre* du sang, par la *méthode de Bierry et Portier;*

2° le taux du *sucre protéidique* du sang, par la *méthode de Bierry et L. Randoin ;*

3° le taux du *glycogène* du foie, par la *méthode de Bierry et Gruzewska ;*

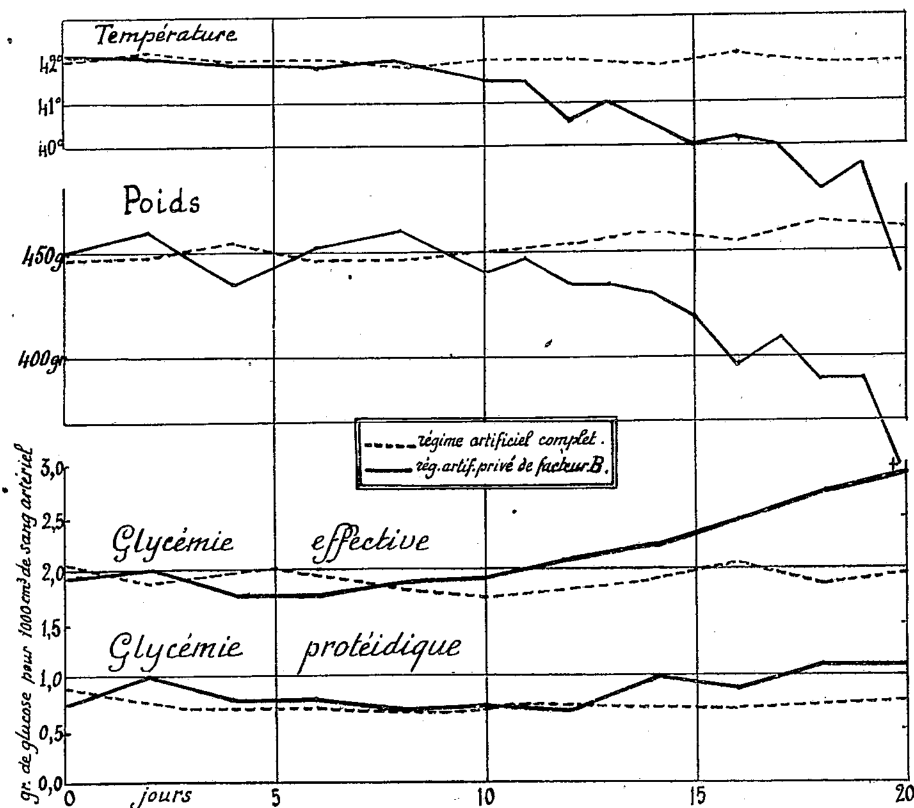
en utilisant, d'une part, le sang mélangé (pris directement à la carotide) de trois Pigeons; d'autre part, les foies entiers de ces mêmes Pigeons.

Voici nos résultats, exprimés en *grammes de glucose pour* 1000$^{cm^3}$ *de sang artériel* et en *grammes de glycogène pour* 100 *de foie frais :*

Régime artificiel privé de facteur B.			Régime artificiel complet.			Régime naturel (graines).		
Sucre libre.	Sucre protéidique.	Glycogène du foie.	Sucre libre.	Sucre protéidique.	Glycogène du foie.	Sucre libre.	Sucre protéidique.	Glycogène du foie.
Première période (1er au 12e jour env.).								
1,95	0,61	2,81	2,04	0,92	2,86	1,92	0,96	3,79
2,00	1,02	2,50	1,92	0,65	2,88	2,06	0,90	3,12
1,73	0,78	3,23						
1,72	0,79	2,92	2,00	»	»	1,86	»	»
1,82	0,64	0,56	1,87	0,63	3,27	1,85	0,86	2,90
1,89	0,64	2,75						
2,10	0,75	»	1,73	0,61	2,44	2,12	0,83	»
1,89	**0,75**		**1,91**	**0,70**		**1,96**	**0,89**	
Seconde période (chute de poids et de température, paralysies, etc.).								
2,22	0,69	1,38	1,90	0,71	5,04	2,00	0,72	3,97
2,55	1,01	2,46						
2,74	0,84	0,38	2,03	0,69		1,87	0,88	»
2,50	**0,85**		**1,96**	**0,70**		**1,93**	**0,80**	
Période prémortelle (crises de polynévrite).								
2,74	1,10	3,32	1,81	0,68	4,70	1,97	0,81	3,95
2,82	1,08	3,56	1,96	0,79	»			
2,78	**1,09**		**1,88**	**0,73**		**1,97**	**0,81**	

Les chiffres gras indiquent les moyennes.

Conclusions. — Chez le *Pigeon normal*, le sang artériel renferme de $0^g,90$ à 2^g pour 1000 de sucre libre, de $0^g,70$ (*régime artificiel complet*) à $0^g,85$ (*régime naturel*) de sucre protéidique. *Lorsque l'animal ne reçoit pas de facteur B*, on obtient, pendant la première période, des chiffres voisins des précédents, puis le niveau du sucre libre monte progressivement pour atteindre son maximum ($2^g,80$) au moment des crises, tandis que le sucre protéidique ne semble augmenter que d'une manière relativement faible.



Quant au glycogène du foie, il ne disparaît pas au cours de l'avitaminose B lorsqu'on emploie de bons régimes artificiels et que les animaux sont alimentés *par gavage*.

Le déséquilibre alimentaire dû au manque de facteur B n'empêcherait ni la mise en réserve du glycogène, ni la mise en liberté du sucre dans le sang, mais il aurait comme conséquence de priver l'organisme d'une substance directement ou indirectement indispensable à la combustion du sucre.

BIOLOGIE. — *Sur le rôle de la glande purpurigène des Murex et des Pourpres.* Note de M. **P.-H. Fischer**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La glande qui produit la pourpre chez les *Murex* et les *Purpura* a été, comme son produit de sécrétion, l'objet de travaux nombreux. Mais les hypothèses faites sur son rôle ne semblent guère satisfaisantes.

Certains auteurs ont parlé d'excrétion. Pour Letellier (¹) la sécrétion a un but ornemental : la coloration en rouge du péristome de la coquille; et elle doit aussi, par son odeur spéciale, favoriser le rassemblement des *Purpura* à l'époque de la reproduction. Enfin, en 1909, Raphaël Dubois (²) annonça qu'il avait découvert la fonction réelle de cette glande. Une substance toxique venant d'y être signalée, il injecta à des Grenouilles et à des Poissons un extrait de glande purpurigène de *Murex* et en constata l'action venimeuse. Se rappelant les mœurs carnassières des *Murex* perceurs, il pensa que le rôle de la glande purpurigène était d'intoxiquer les proies vivantes et la question sembla tranchée dans ce sens.

Or j'ai longuement observé les mœurs de ces prédateurs et je suis en mesure d'affirmer que seule la trompe du carnassier est en cause dans les phénomènes de perforation et d'ingestion de matière alimentaire. Jamais je n'ai vu un *Purpura* ou un *Ocinebra* « introduisant par la perforation le poison paralysant et profitant ensuite de l'inertie de sa victime pour la dévorer à son aise « (*loc. cit.*. p. 521). L'orifice de la glande de la pourpre est d'ailleurs très éloigné de l'orifice buccal, surtout lorsque la trompe s'est allongée, comme c'est le cas, dans l'accomplissement des perforations et de l'ingestion des parties molles de la proie. J'ajoute que la substance purpurigène dégage au cours de ses transformations un certain nombre de corps odorants et notamment du sulfure d'allyle dont l'odeur est caractéristique. Or quand on surprend des *Purpura* perçant ou dévorant leur proie on ne peut percevoir trace de cette odeur.

Sans nier que la sécrétion soit toxique pour certains Vertébrés, je rejette donc l'interprétation qui attribue à cette glande le rôle d'une glande venimeuse dans la nature.

En examinant à Roscoff les capsules pondues par *Purpura lapillus* L., *Ocinebra erinaceus* L., et lors de mes séjours aux laboratoires de

(¹) *Arch. Zool. exp.*, 2ᵉ série, 8, 1890, p. 406.

(²) *Arch. Zool. exp.*, 5ᵉ série, 2, 1909, p. 520.

Banuyls et Endoume celles des *Murex* de la Méditerranée, j'ai constaté que le contenu en était fréquemment de couleur violette. Quelques auteurs l'avaient d'ailleurs remarqué chez *Purpura lapillus*, notamment Réaumur ([1]) et plus récemment Letellier ([2]), puis Pelseneer ([3]). Parfois aussi, chez *Ocinebra erinaceus*, le contenu est bleu; mais si l'on observe quelques heures les capsules à contenu bleu, on les voit par transparence changer de couleur et passer au bleu violacé, puis au violet.

Or on sait que la substance purpurigène, primitivement incolore, passe successivement, lorsque le virage est assez lent, par les couleurs jaune, verte et bleue avant d'arriver au violet. Soupçonnant que toutes les capsules incolores devaient contenir, elles aussi, de la substance purpurigène, j'en ai déposé le contenu sur des lames, à l'air et à la lumière, et j'ai constaté un virage intense au violet. Lorsque le virage est plus lent, la couleur violette n'apparaît pas directement, mais après un passage par d'autres couleurs, notamment par le vert.

Les capsules ouvertes ne tardent pas à émettre l'odeur du sulfure d'allyle. L'identité de la substance purpurigène des capsules avec celle de la glande me paraît donc établie.

Le virage ne se produit pas seulement dans les pontes où les embryons sont déjà développés, et susceptibles de sécréter avec leurs glandes cette substance purpurigène : il a lieu tout aussi bien lorsque les œufs sont insegmentés que lorsque les embryons sont prêts à éclore. Il ne peut donc s'agir que d'une substance mêlée dès l'origine à la ponte. D'où vient cette substance ?

On sait que les *Purpura*, par exemple, pondent un grand nombre d'œufs qui, sortis en une masse de l'orifice génital, passent, ainsi que l'a montré Pelseneer, dans la glande pédieuse ventrale où se forme leur capsule commune. J'ai constaté que les œufs qui sont encore dans l'oviducte ne sont nullement sujets à virer au violet. Par conséquent les sécrétions de la glande purpurigène sont mélangées à la ponte lorsque celle-ci quitte l'oviducte.

L'orifice de ponte et l'orifice de la glande sont d'ailleurs si voisins que ce mélange ne peut étonner. Mais il ne se produit pas à l'état accidentel. La teinte violette d'une ponte est aussi vigoureuse que celle d'une glande de la

---

([1]) *Mém. Acad. Sc.*, 1711, p. 168.

([2]) Letellier (*loc. cit.*, p. 366) trouve que le phénomène est rare et pense qu'il s'agit d'un mélange accidentel de substance de la glande purpurigène avec la ponte.

([3]) *Mém. Acad. Roy. de Belgique*, 2e série, 3, 1911, p. 37.

pourpre isolée et exposée à l'air jusqu'à virer au violet, et la constance des virages est trop absolue pour qu'on ne considère pas ce processus comme normal. D'ailleurs, Letellier avait remarqué que la teinte jaunâtre de la glande était plus foncée au moment de la ponte, et la sécrétion plus abondante (*loc cit.*, p. 368 et 406); on trouve d'autre part dans le travail de Dubois ce passage : « On a émis l'opinion que les produits infects qui se produisent au moment de la formation du chromogène de la purpurase sont utiles à la reproduction. Les glandes à pourpre sont plus actives au printemps qu'en été » (*loc. cit.*, p. 512).

Il est singulier que ces remarques n'aient pas amené les auteurs à constater ce que j'expose ici : la sécrétion de la glande à pourpre est abondamment mélangée à la masse de la ponte; *les œufs se segmentent et les embryons se développent dans un milieu riche en substance purpurigène.* Qu'un accident ou une expérience viennent à mettre l'intérieur d'une capsule à l'influence de l'air et de la lumière, une réduction se produira, avec virage au violet. Cet accident, assez fréquent dans la nature, cause d'ailleurs la mort des embryons; mais, dans les cas normaux, la substance purpurigène ne les empêche pas de vivre et d'éclore : elle fait partie intégrante de leur milieu. Quel est le rôle de cette sécrétion normalement annexée à la ponte? Je ne pourrai l'envisager qu'après de nouvelles recherches.

La glande à pourpre existe aussi bien chez les mâles que chez les femelles, de même d'ailleurs que la glande pédieuse ventrale qui sert, chez la femelle, à l'achèvement de la capsule de ponte. Peut-être ces organes ont-ils dans l'un et l'autre sexe, d'autres fonctions, mais il m'a semblé intéressant de montrer le rôle génital que joue la glande purpurigène chez les femelles, car il est jusqu'ici le seul que l'on puisse reconnaître à cette glande.

BIOLOGIE. — *Monstres doubles et Intersexués chez les Phasmides.* Note de M. **P. Cappe de Baillon**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

I. Il n'est pas rare de rencontrer, dans l'ovaire sénile des Phasmes se reproduisant par parthénogenèse (*Carausius morosus* Br., *Baculum artemis* Westw.), des chambres ovulaires contenant deux, quatre, six et jusqu'à dix oocytes.

Tout porte à croire qu'il s'agit là d'un accident banal, susceptible de se produire toutes les fois que des conditions défavorables viennent entraver l'activité normale de l'ovaire. Ces conditions se trouvent réalisées d'une

façon naturelle dans la ponte parthénogénétique [1], au début de l'activité ovarienne et durant les dernières semaines de la vie; mais elles sont aussi réalisables expérimentalement.

Dans certains cas exceptionnels, la fusion des oocytes appelés à constituer l'œuf composé se fait de très bonne heure; en temps ordinaire, elle ne s'opère qu'après la différenciation de l'épithélium choriogène et l'organisation définitive de la chambre ovulaire.

Un bon nombre d'œufs composés ont une évolution régulière, quoique plus lente que celle des œufs simples. Ils donnent naissance à des individus normaux ou à des monstres doubles. Extérieurement, la plupart des œufs composés répondent à des types définis, mais les caractères de la larve sont indépendants de la forme de l'œuf; un même type d'œuf peut fournir — sans parler des larves normales — toute une série de monstres composés autositaires. La forme parasitaire n'a pas été rencontrée jusqu'ici; elle sera sans doute révélée par l'étude histologique.

II. Les pontes séniles donnent également naissance à des mâles et à des intersexués. Existe-t-il un lien entre la genèse des monstres doubles et celle des intersexués ?

En renouvelant sur le *Carausius morosus* les expériences effectuées par de La Vaulx [2] sur le *Daphnia magna*, Rostand [3] est arrivé au même résultat : il a obtenu des intersexués en nombre relativement considérable. Or de La Vaulx [4] a signalé l'apparition de formes monstrueuses au milieu des intersexués de *Daphnia magna ;* il est assez probable que le même fait s'est présenté chez le *Carausius morosus*, d'autant que Rostand accuse une mortalité trés grande chez les jeunes larves formant la génération des femelles intoxiquées. L'intersexué et le monstre double auraient-ils la même origine? Il ne le semble pas d'après les faits. Les monstres doubles étudiés jusqu'à ce jour ont les caractères primaires et secondaires du sexe femelle. Aucun œuf composé, à caractères extérieurs

---

(1) R. DE SINETY, *Recherches sur la biologie et l'anatomie des Phasmes* (*La Cellule*, 19, 1901, p. 131).

(2) R. DE LA VAULX, *Sur l'apparition d'intersexués dans une lignée de* Daphnia magna (*Crustacé cladocère*) *et sur le déterminisme probable du phénomène* (*Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1740).

(3) J. ROSTAND, *Sur l'intersexualité chez les Phasmes* (*C. R. Soc. Biol.*, 91, 1924, p. 448).

(4) R. DE LA VAULX, *Sur l'hérédité des anomalies intersexuelles provoquées expérimentalement* (*Bull. Soc. Zool. de France*, 47, 1922, p. 300).

nettement définis, n'a encore donné naissance à un mâle ou à un intersexué. Ces observations, toutefois, n'ont qu'une valeur négative : de grandes différences séparent l'intersexué du monstre double et, d'autre part, la complexité de l'œuf n'est pas toujours apparente à l'extérieur ; des monstres doubles parfaitement caractérisés sont sortis d'œufs à aspect absolument normal.

BIOLOGIE. — *Essaimages de* Scalibregma inflatum *Rathke, observés pendant des pêches à la lumière.* Note de MM. L. **Fage** et R. **Legendre**, présentée par M. Ch. Gravier.

Depuis 1922, nous avons effectué à Concarneau des pêches à la lumière, à chaque quartier de la Lune, aussi souvent que l'état de la mer l'a permis (1). Parmi les vers ainsi observés et recueillis, l'un des plus intéressants est un Polychète limnivore, *Scalibregma inflatum*, trouvé la première fois le 15 octobre 1923, très abondant (193 et 103 exemplaires) les 31 octobre et 22 novembre suivants, rare le 30 novembre, assez fréquent le 29 décembre ; on n'en vit plus ensuite. A ces captures, il faut ajouter un individu jeune de 5^{mm}, pris au filet pélagique la nuit, vers 22^{h}, sans lumière, le 13 juillet 1923.

C'est la première fois qu'on rencontre *S. inflatum* nageant en surface en un point aussi méridional de notre hémisphère, l'espèce étant considérée comme nordique et signalée surtout au Groenland et dans la mer de Kara. Le *Challenger* en a recueilli dans les mers du Sud, entre le Cap de Bonne Espérance et l'île Marion et au nord-est de la Nouvelle-Zélande. Plus près de nous, Ashworth a capturé huit jeunes (1909) et Southern, six (1914) dans la mer d'Irlande ; Allen en a pris deux à Plymouth (1915) et Fauvel, un à Cherbourg. Les centaines d'individus de Concarneau étendent l'aire géographique de cette espèce jusqu'à la côte sud de Bretagne où elle abonde, à certaines époques de l'année tout au moins.

S. inflatum vit habituellement sur le fond, dans le sable vaseux ; on l'a trouvé dans des vasières accessibles à mer basse (Danielssen), dans des

(1) L. Fage et R. Legendre, *La pêche à la lumière, moyen d'étude de la faune littorale* (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1235) ; *Rythmes lunaires de quelques Néréidiens* (*Ibid.*, 177, 1923, p. 282) ; *Les danses nuptiales de quelques Néréidiens* (*Ibid.*, p. 1150).

herbiers de zostères (Southern); plus souvent on le prend à la drague par 2 à 3 brasses; enfin, le *Porcupine* l'a ramené d'un fond de 257 brasses et le *Challenger* de 700. Cependant, on a parfois pris quelques jeunes entre deux eaux (Ashworth, Southern, nous mêmes); Danielssen a vu, en aquarium, des adultes pourvus de produits sexuels nager activement à la manière des sangsues. Seul, Ditlevsen, au Groenland (1911), avait assisté à un essaimage sous la glace, en masse comparable à ceux révélés par nos pêches.

Les individus adultes de Concarneau diffèrent par plusieurs caractères du type décrit par Ashworth : leur taille semble plus petite, 18 à 20^{mm} pour les animaux conservés dans l'alcool au lieu de 35 (Ashworth), 38 (Michaelsen) et même 85^{mm} (Ditlevsen); ils n'ont que 43 sétigères au lieu de 60; ils ont tous ainsi que deux des exemplaires de Plymouth (Allen) et celui de Cherbourg (Fauvel), deux gros yeux parfaitement développés, tandis que ceux des régions septentrionales sont aveugles; tous ont cinq cirres anaux, très grêles et au moins aussi longs que l'ensemble du pygidium et des cinq derniers segments, tandis que le *Scalibregma inflatum* typique est dit n'avoir que quatre cirres épais et courts. Par ces caractères, les individus de la côte sud de Bretagne et ceux de Plymouth constituent donc une variété spéciale à la limite méridionale de l'habitat de l'espèce.

Ces *Scalibregma*, tous sexuellement mûrs, bourrés de produits génitaux ou déchirés et vidés, ont été rencontrés dans toutes les pêches effectuées du 15 octobre au 29 décembre 1923, mais celles-ci ne furent pas assez régulières pour déceler dans la formation de ces essaims pélagiques un rythme quelconque, lunaire ou autre. Ditlevsen avait observé, sur les individus essaimant au Groenland, des soies plus longues et plus nombreuses qu'il considérait comme un début d'épitoquie; les individus pélagiques de Concarneau ont surtout des parapodes très fournis et des soies plus longues : 80 à 100 soies simples de $1^{mm},4$ à $1^{mm},5$ pour 20 à 24 soies fourchues, au lieu de 50 à 60 seulement.

Les néphridies sont trop peu développées pour servir à l'expulsion des produits génitaux et l'on observe sur tous les individus totalement ou partiellement vidés de larges déchirures de la peau siégeant du 25e au 39e sétigère. Il y a dans cette région un éclatement de la paroi du corps entraînant parfois la perte totale des derniers anneaux.

Autour de la lanterne, les vers se rassemblent et se contorsionnent, se roulant en boule et se déroulant, se pelotonnant, sans se déplacer rapidement, ce qui rend aisée leur capture. On constate donc au cours des essai-

mages une phase de vive excitation, précédant la rupture des parois du corps et l'émission des produits sexuels, phénomènes comparables aux danses nuptiales des Néréidiens.

Nos captures de l'automne 1923 nous ont ainsi révélé l'abondance dans la baie de Concarneau d'une espèce nordique dont on n'avait pris jusqu'ici sur nos côtes qu'un seul exemplaire; quelques caractères spéciaux en font peut-être une variété méridionale particulière. Cette espèce sédentaire présente certains caractères d'épitoquie au moment de sa reproduction, puis elle devient pélagique et, au cours de l'essaimage, elle émet ses produits génitaux en pleine eau, par déchirure du corps, après une nage active et mouvementée.

A 15^{h}20^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 9 mars 1925.)

Note de M. *Stefan Triandafil*, Influence de l'acidité sur la polarisation galvanique du nickel :

Page 738, ligne 10, après *régime permanent d'électrolyse*, ajouter ([1]); ligne 13, après travail antérieur, ajouter (*loc. cit.*).

(Séance du 30 mars 1925.)

Note de M. *Jean Delphy*, Sur la fixation et la contractilité de quelques Infusoires hétérotriches :

Page 1058, ligne 1 (titre), *au lieu de* contractibilité, *lire* contractilité
Page 1059, ligne 1 en remontant, *au lieu de* ciliés : *en outre*, *lire* ciliés! *En outre*.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mars 1925 (*suite et fin*).

Observations faites au cercle méridien en 1920 *et* 1921, par MM. Verschaffel, Exposito, Dornaletche, Candau, Dirasse, Béhere, publiés par M. l'abbé Verschaffel. Hendaye, imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1924; 1 vol. 33cm.

Chimie minérale I, II, III, par H. Copaux et H. Perpérot. Paris, Armand Colin, 1925; 3 vol. 17cm, 5. (Présenté par M. A. Haller.)

Manuel théorique et pratique d'analyse volumétrique, par Louis Duparc et M. Basadonna. Paris, Payot, 1925; 1 vol. 25cm, 5.

Essai de synthèse de la géologie du Sahara sud constantinois et du Sahara central, par Conrad Kilian. (Extrait du compte rendu du XIIIe Congrès géologique international 1922). Liége, Vaillant-Carmanne, 1925; 1 fasc. 27cm.

Recherches sur la physique terrestre; théorie du mouvement des avions, par Leopoldo Nery Vollu. Rio de Janeiro, Besnard frères, 1924; 1 fasc. 22cm,5

Recherches sur la physique céleste; théorie des pulsations perpétuelles des masses sidérales, par Leopoldo Nery Vollu. Rio de Janeiro, Besnard frères, 1925; 1 vol. 23cm.

La prévision du temps en agriculture, par Joseph Sanson. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1925; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

Le principe de symétrie et ses applications, par F.-M. Jaeger. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 24cm, 5. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

La mécanique nouvelle démontrée par les principes classiques; interprétation et transformation des équations de Lorentz et d'Einstein, par Paul Dupont. Paris, J. Hermann, 1925; 1 vol. 25cm, 5. (Présenté par M. L. Lecornu.)

Premier conseil de chimie tenu à Bruxelles, du 21 *au* 27 *avril* 1922, *sous les auspices de l'Institut international de chimie Solvay; rapports et discussions*, publiés par la Commission administrative de l'Institut, et MM. les Secrétaires du Conseil *sur cinq questions d'actualité*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 25cm.

Histoire de la Nation française, par Gabriel Hanotaux. Tome XIV : *Histoire des Sciences en France*; 1er volume : *Introduction générale*, par Émile Picard; *Mathématiques, mécanique, astronomie, physique et chimie*, par Henri Andoyer, Pierre Humbert, Charles Fabry, Albert Colson.

Tome XV : *Histoire des sciences en France*; 2e volume : *Histoire des sciences biologiques*, par Maurice Caullery; *Histoire de la philosophie*, par René Lote. Paris, Société de l'Histoire nationale; Plon-Nourrit et Cie, 1924, 2 vol. 29cm, 5. (Présentés par M. Émile Picard.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 MAI 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Traitement du malacon. Séparation du celtium d'avec le zirconium.* Note de M[lle] **Madeleine Marquis**, de MM. **Pierre Urbain** et **G. Urbain**.

Nos premiers essais sur le malacon ont porté sur des échantillons choisis que M. Lacroix a mis gracieusement à notre disposition. Ce minéral provient de Madagascar. C'est un silicate de zirconium cristallisé, renfermant quelques centièmes de celtium, du thorium, des terres rares où dominent les terres yttriques, du fer, du titane, du niobium, de l'urane et des traces de tantale.

Le minéral est attaqué par l'acide sulfurique à 65° qui laisse, lors de la reprise par l'eau, un résidu insoluble, où domine la silice, et qui renferme en outre une partie peu importante du minéral primitif. Le bisulfate de potassium permet une attaque complète en une seule opération ; mais il est préférable d'attaquer le malacon par l'acide sulfurique s'il s'agit d'en traiter de grandes quantités.

Ayant chassé l'excès d'acide par la chaleur, on peut obtenir des solutions très concentrées de sulfates, lors de la reprise par l'eau, ce qui est avantageux. En effet, nous précipitons la presque totalité du zirconium et du celtium au moyen du sulfate de potassium en excès, et employé à l'état solide. Le précipité de sulfates doubles se filtre aisément et peut être lavé avec une solution saturée, froide, de sulfate de potassium. La majeure partie des

impuretés se retrouve dans les eaux mères, et l'on peut négliger les faibles quantités de zirconium et de celtium qui s'y trouvent.

Des précipitations fractionnées des sulfates doubles à base de potassium donnent des résultats très appréciables. Le sulfate double de zirconium est nettement moins soluble que celui de celtium. Toutefois on éprouve des difficultés à dissoudre ces sels. Ils sont hydrolysés, avec formation de sels basiques, lorsqu'on cherche à les dissoudre dans l'eau pure. Ils se dissolvent dans de grandes quantités d'acide, mais celles-ci sont très gênantes pour les précipitations ultérieures.

On pourrait transformer les sulfates doubles en hydroxydes, par les alcalis caustiques, si la transformation n'était pénible, de sorte que nous avons renoncé à ce détour.

Par contre, le sulfate double, comme d'ailleurs la plupart des précipités que donnent les deux métaux avec les divers réactifs, se dissout bien à la faveur de certains réactifs formant avec les deux éléments considérés des sels complexes. C'est le cas des oxalates, des tartrates et aussi des carbonates. Les oxalates sont coûteux, les tartrates complexes sont difficiles à décomposer; les carbonates nous ont semblé plus avantageux.

On peut obtenir des matières très riches en zirconium dans des solutions concentrées de carbonate de sodium (¹). Les acides titanique et niobique y sont à peine solubles, ce qui permet d'en éliminer la majeure partie. Le celtium y est lui-même nettement moins soluble que le zirconium. Des épuisements successifs des précipités par des solutions saturées de carbonate de sodium donnent des liqueurs dont les premières sont les plus riches en zirconium et les plus pauvres en celtium.

Cette méthode de fractionnement présente quelque analogie avec les traitements par le carbonate d'ammonium que Hoffmann et Prandtl (²) avaient mis en œuvre pour séparer de la zircone de l'euxenite, la substance qu'ils avaient appelée : *euxenerde*.

Cette terre, de poids atomique élevé (177,6), avait peut-être, quoiqu'en aient dit O. Hauser et F. Wirth (³), quelque rapport avec l'élément 72 que nous appelons celtium depuis que Dauvillier (⁴) a observé, le premier, les

(¹) Jusqu'à 143g (comptés en oxydes anhydres), à froid, dans 1 litre d'une solution saturée de CO^3Na^2, à 15°.

(²) Hoffmann et Prandtl, *Berichte*, 34, 1901, p. 1064.

(³) O. Hauser et F. Wirth, *Berichte*, 43, 1910, p. 1807.

(⁴) Dauvillier, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1347.

deux raies les plus caractéristiques de son spectre X. On sait que, depuis, Coster et von Hevesy ([1]) ont appelé hafnium le même élément.

La façon dont le celtium se comporte par rapport au zirconium vis-à-vis des carbonates nous a fait supposer (ce qui était d'ailleurs probable) que le zirconium devait donner des complexes plus robustes que le celtium. Il se dégageait de cette remarque une conséquence intéressante. La celtine, comme on devait s'y attendre, est une base plus forte que la zircone. Von Hevesy ([2]), puis Phillip ([3]) ont reconnu le fait, et constaté que les alcalis précipitent la zircone avant la celtine de leurs solutions mixtes. C'est ainsi du moins que le phénomène se présente dans les sels simples de zirconyle. Mais le contraire peut se produire dans les sels complexes, autant que ceux de zirconium sont moins décomposables par les réactifs que ceux de celtium.

Dans le cas des carbonates complexes, le fait est très net : la zircone y est plus dissimulée aux alcalis que la celtine, et celle-ci précipite la première dans les fractionnements par la soude. Les précipités obtenus par les alcalis, ou même par les acides ([4]), dans ces liqueurs alcalines ne bouchent pas les filtres et ne risquent pas de passer au travers. Si au contraire on précipite partiellement par les alcalis un sel de zirconyle dont les solutions sont nécessairement acides, on se heurte généralement à des difficultés de filtration.

Si, des solutions de leurs carbonates complexes, le celtium et même le zirconium précipitent par les alcalis caustiques, ils n'en sont pas moins partiellement dissimulés l'un et l'autre à ce genre de réactifs, qui, dès lors, doivent être employés en excès considérable. Nous avons cependant remarqué que si, dans une solution assez alcaline pour que la soude y détermine un précipité immédiat, on verse, en quantité limitée, une solution pratiquement neutre ([5]) de sulfates simples de zirconium et de celtium, il se forme un précipité correspondant à la quantité d'hydroxydes que pouvait donner elle-même, par les alcalis, la solution des sulfates.

Cette observation nous a permis de fixer définitivement la technique de notre méthode actuelle en mettant en œuvre un minimum d'alcalis caustiques.

Supposons une série de fractions de carbonates doubles, de même importance et rangées dans l'ordre de leur teneur croissante en celtium, et

---

(1) Coster et von Hevesy, *Nature*, 3, 1923, p. 79.

(2) Von Hevesy, *Chemistry and Industry*, 42, 1923, p. 929.

(3) Phillip : brevet français n° 568978 du 24 juillet 1923.

(4) Les liqueurs étant toutefois maintenues alcalines.

(5) C'est-à-dire neutralisée jusqu'à persistance d'un louche.

supposons qu'on ait déterminé par la soude, dans chacune d'elles, un précipité de même grandeur. Dans chaque précipité, le rapport $\frac{\mathrm{Ct}}{\mathrm{Zr}}$ est plus grand que dans sa liqueur mère. Dès lors, le précipité de la fraction n devra être réuni à la liqueur $n+1$. Mais auparavant le précipité filtré sera dissous dans l'acide sulfurique, et cette solution sera elle-même neutralisée jusqu'à formation d'un louche persistant. En réunissant cette liqueur aux eaux mères $n+1$, il se formera un précipité équivalent au précédent.

Cette méthode est très simple et permet de réaliser un fractionnement presque automatique. Le nombre actuel de nos fractions est égal à 21 ([1]). Dans les têtes du fractionnement, le produit donne un spectre de celtium où les raies les plus fortes du zirconium sont devenues relativement faibles.

D'après l'allure du fractionnement, il faudra bien peu de fractions complémentaires pour atteindre le celtium pur.

Nous n'avons pas recouru, pour faire des déterminations quantitatives, à la méthode photographique d'analyse par rayons X que Coster ([2]) a utilisée avant, d'ailleurs, de l'avoir étudiée.

Dès 1923, cet auteur et von Hevesy ont annoncé, sous le couvert de cette méthode, des résultats remarquables (jusques et y compris la proportion de celtium dans l'écorce terrestre). Il est certain que ces résultats ne sauraient avoir plus de valeur que le procédé qui a permis de les obtenir. Or, MM. Coster et Nishira ([3]) nous ont récemment appris qu'avec cette méthode l'erreur sur le corps dosé peut atteindre 250 pour 100, et même davantage.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence du nickel et du cobalt chez les animaux*. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Mâchebœuf**.

Il est maintenant démontré que le nickel et le cobalt existent partout dans la terre arable ([4]), de plus, qu'une certaine proportion de ces métaux est absorbée par les plantes et se répand dans tous leurs organes ([5]).

([1]) Le nombre de fractions s'accroît à mesure que le fractionnement progresse; et nous empêchons la fraction 1 de s'épuiser en l'alimentant avec du mélange primitif neuf.

([2]) Coster et von Hevesy, *Chem. News*, **127**, n° 3303, 1923, p. 65.

([3]) Coster et Nishira, *Chem. News*, **130**, n° 3386, 1925, p. 149.

([4]) Gab. Bertrand et M. Mokragnatz, *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 112, et **179**, 1924, p. 1566; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **31**, 1922, p. 1330, et **37**, 1925, p. 326.

([5]) Gab. Bertrand et M. Mokragnatz, *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 458, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **37**, 1925, p. 554.

Ainsi engagés dans la matière vivante, le nickel et le cobalt ne peuvent manquer de s'introduire par l'alimentation dans le tube digestif de l'homme et des animaux; mais pénètrent-ils plus profondément, arrivent-ils à se fixer d'une manière plus ou moins élective dans les organes, comme on l'observe pour d'autres éléments?

En vue de répondre à ces questions, nous avons entrepris la recherche du nickel et du cobalt dans diverses parties du corps de l'homme et des animaux. Pour cela, nous avons utilisé la méthode qui avait déjà servi à l'un de nous, en collaboration avec Mokragnatz [1], pour déterminer la présence et la proportion des deux métaux dans les plantes.

Nous nous sommes vite aperçus alors qu'il n'y avait dans les tissus animaux que des quantités extrêmement petites de nickel [2] et des quantités encore plus petites de cobalt. Même en opérant sur des prises d'essai d'environ 200^{g} d'organes frais, nous n'avons obtenu, en général, à l'état de combinaison définie avec la diméthylglyoxime, que des poids de nickel difficiles à déterminer avec précision à l'aide de la balance.

Nous avons dû user, pour apprécier ces poids, d'un artifice consistant à redissoudre la combinaison glyoximique, rassemblée dans une petite capsule de porcelaine et qui est, comme on sait, d'une belle couleur rouge vif, dans un petit volume de chloroforme (1$^{cm^3}$ et même 0$^{cm^3}$, 5), laissant évaporer tranquillement à l'air libre et comparant le résidu avec ceux fournis, dans des conditions semblables de précipitation, d'extraction et d'évaporation, par des quantités connues de nickel. Nous sommes arrivés de cette manière à apprécier jusqu'à la quantité absolue de $\frac{1}{500}$ de milligramme de métal.

En travaillant avec des réactifs purifiés par nous avec grand soin et ne donnant pas la moindre trace de résidu rouge avec la diméthylglyoxime, nous avons obtenu les résultats rassemblés dans le tableau ci-après :

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 33, 1923, p. 1539. Dans ce Mémoire, page 1546, ligne 17, *après* 2 ou 3 gouttes d'ammoniaque, *ajouter* au dixième.

(2) D'après W. J. Vernadsky (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 382), Mlle I. D. Starynkewitch aurait trouvé des traces de nickel « dans les cendres d'une souris domestique ». Étant donnée la faible teneur de cet animal en nickel, c'est là un résultat difficile à obtenir. En fait, nous avons essayé deux fois l'expérience, sans pouvoir mettre en évidence la moindre trace du métal. Par contre, nous avons reconnu la présence du nickel dans l'acide chlorhydrique, dit pur du commerce, que nous avons examiné.

Organes examinés.	Poids frais.	Ni en millièmes de milligr. par kilog. d'org. frais.	d'org. secs.	de cendres.
MAMMIFÈRES :	g			
Homme : Foie [homme 17 ans (1)]	200	90	330	4330
Pancréas [homme 17 ans (1)]	83	41	230	3180
Rate [homme 50 ans (2)]	107	40	220	3510
Peau [j. fille 14 ans (3)]	100	25	60	2630
Cerveau [j. fille 14 ans (3)]	200	22	110	1060
Estomac [homme 17 ans (1)]	188	Présence incertaine		
Utérus [j. fille 14 ans (3)]	61,6	<2	"	"
Muscle [j. homme 17 ans (1)]	200	<2	"	"
Graisse [j. fille 14 ans (3)]	200	<2	"	"
Taureau : Foie	200	125	360	7720
Pancréas	110	135	410	"
Testicule	252	32	220	"
Cerveau	200	33	150	1520
Muscle	200	<2	"	"
Rein	300	10	47	850
Sang	1000	11	57	2200
Corne	200	50	59	"
Vache : Lait	1000	4	40	530
Veau : Foie	200	125	510	8740
Thymus	160	13	57	520
Rein	142	10	37	470
Muscle	200	<2	"	"
Souris grise : 13 individus entiers (sauf tubes digestifs)	169,5	25	84	350
OISEAUX :				
Dindon : Foie	200	15	53	1020
Muscle	200	<2	"	"
Plumes	200	300	330	10700
Poule : OEuf, blanc	200	<2	"	"
OEuf, jaune	200	20	40	980
POISSONS :				
Merlan : entier (sauf tube digestif)	355	14	68	500
Éperlan : 26 individus entiers (sauf tubes digestifs)	200	15	65	500

(1) Mort d'accident.
(2) Mort d'hémorragie méningée.
(3) Morte d'intoxication oxycarbonée.

Organes examinés.	Poids frais.	Ni en millièmes de milligr. par kilog. d'org. frais.	d'org. secs.	de cendres.
INSECTES :				
Ver à soie : 170 individus à l'état de chrysalides	200 g	Présence incertaine		
CRUSTACÉS :				
Langoustine : 16 individus entiers (sauf les carapaces)	200	100	435	"
MOLLUSQUES :				
Moule : 41 individus sans les valves	220	455	2350	22100
Gryphée : 24 individus sans les valves	188	223	1740	"
TUNICIERS :				
Vioulet : 30 individus sans les manteaux	223	170	825	5720

On voit par ces résultats qu'en dehors des tissus musculaires et adipeux, nous avons trouvé du nickel dans toutes les autres parties de l'organisme que nous avons examinées.

Chez l'homme et chez les animaux supérieurs, le foie s'est présenté comme un organe relativement riche, sinon le plus riche, en nickel.

Les tissus kératiniques renferment aussi beaucoup de métal.

Ces premières constatations sont analogues à celles qui ont déjà été faites au sujet des autres métaux lourds : fer, manganèse, zinc, cuivre, trouvés en petites proportions dans la matière vivante.

La même analogie existe aussi en ce qui concerne la localisation exclusive, ou presque exclusive, du métal dans le jaune de l'œuf, chez l'oiseau.

Un seul organe, dans la liste de ceux que nous avons analysés, a révélé une teneur en nickel inattendue : c'est le pancréas du taureau, dans lequel le poids de métal a été trouvé du même ordre de grandeur que dans le foie.

Enfin, la richesse relative des mollusques marins en nickel va de pair avec celle qui a été déjà observée pour les autres métaux lourds.

Quant au cobalt, c'est seulement jusqu'ici par la réaction colorée qu'il donne avec la diméthylglyoxime et que montre l'eau mère séparée du nickel, que nous avons pu en constater la présence. Nous allons essayer d'en évaluer les proportions.

Sir E. **JOHN RUSSELL** fait hommage à l'Académie de ses Ouvrages intitulés : *Manuring for Higher Crop Production*, 2e édition, 1917; *The Fertility*

of the Soil, 1921; *A Student's Book on Soils and Manures*, 2e édition, 1921; *Lessons on Soil*, 1922; *Farm Soil and its Improvement*, 1923; *The Micro-organisms of the Soil*, 1923, auxquels il a joint les Tomes VIII-XI de *The Rothamsted Memoirs on Agricultural Science* et diverses autres publications relatives aux travaux de la *Station expérimentale de Rothamsted*.

M. **A. d'Arsonval** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage intitulé : *T. S. F., La télégraphie sans fil. La téléphonie sans fil. Applications diverses*, par G.-E. Petit et Léon Bouthillon, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Commissaire général de l'Exposition internationale des Arts décoratifs et industriels modernes** fait connaître que les Membres de l'Institut auront libre accès à l'Exposition sur la simple présentation de leur médaille. De plus, une carte personnelle nominative pourra être établie pour les Membres qui en feront la demande.

M. **Léon Guillet** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Division des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Charles Rabut*.

M. **Em. Demoussy** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *L. Maquenne*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Lampes, tubes et valves électriques. Études des caractéristiques. Construction. Essais. Usages*, par H. Pécheux.

2° *Spedizione italiana* de Filippi *nell' Himàlaia, Caracorùm e Turchestàn cinese* (1913-1914). *Astronomia geodetica, Geodesia e Topografia*.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les propriétés projectives des congruences non W à complexe linéaire osculateur non spécial.* Note de M. **Paul Mentré**, présentée par M. G. Kœnigs.

I. La méthode de M. Cartan m'a donné des nouvelles propriétés projectives des congruences de droites. J'ai déjà indiqué [1] quelques résultats relatifs aux congruences W. Je vais considérer les seules congruences à nappes focales distinctes qui partagent, avec les congruences W, la propriété d'admettre un complexe linéaire osculateur non spécial.

Ces congruences, que je désignerai par W′ sont engendrées par une droite qui s'appuie sur une courbe arbitraire et reste tangente à une surface développable arbitraire. On sait qu'on obtient une congruence W′ en imposant à un « élément » [2] un déplacement à un paramètre; l'une des nappes focales est la surface développable engendrée par le plan de l'élément, tandis que l'autre nappe focale est la courbe engendrée par le foyer de l'élément.

Je m'occuperai surtout du rôle important que jouent, sur les droites du complexe H enveloppé par le complexe linéaire γ, osculateur à une congruence W′, les quatre « couples inflexionnels » définis par M. G. Kœnigs.

II. Le complexe linéaire non spécial γ osculateur à une congruence W′, « accompagne » chacun des deux foyers, au sens de M. Waelsch; ce complexe γ n'est constamment surosculateur que s'il est fixe.

Supposons d'abord, ce qui est le cas général, que γ dépende de deux paramètres; sa quadrique caractéristique est dégénérée en deux éléments dont l'un appartient à W′. L'enveloppe de γ est alors formée par l'ensemble des rayons centraux; cette enveloppe contient deux fois chacune des droites r de la congruence W′ et elle constitue un complexe H non linéaire et non spécial.

Le complexe H, auquel γ reste tangent, admet, sauf sur les droites r, un couple inflexionnel double ou triple. Il peut être engendré par le déplacement à un paramètre d'une congruence linéaire V dont les directrices sont respectivement une tangente à la courbe focale et la droite correspondante de la surface focale.

---

[1] Mentré, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1131, et *Bull. de la Soc. Math. de France*, 51, 1923, p. 202-212.

[2] Un « élément » est formé par une droite qui se déplace dans un plan fixe en conservant un point fixe; le plan fixe et le point fixe constituent un « couple ».

III. Étant données deux courbes, on peut leur associer en général deux congruences W′, dont chacune admet pour nappes focales une courbe et la surface développable formée par les tangentes à l'autre courbe donnée. Lorsque les deux congruences W′ sont confondues, le complexe γ dépend seulement d'un paramètre, à moins qu'il ne soit fixe. Cela arrive lorsque les deux courbes données sont des asymptotiques d'une même surface réglée.

Supposons que le complexe γ ne dépende que d'un paramètre. Le complexe H, enveloppé par γ, peut encore être engendré par une congruence linéaire V; d'ailleurs deux congruences V, infiniment voisines, sont alors situées dans un même complexe linéaire. De plus, le complexe H, comme la raison de symétrie le fait prévoir, admet deux couples inflexionnels doubles.

Il peut arriver que la courbe focale soit plane; pour que le complexe γ ne dépende que d'un paramètre, il faut alors que l'autre nappe focale dégénère en un cône dont le sommet soit situé dans le plan de la courbe focale.

IV. Les congruences W′ admettent deux invariants projectifs relatifs d'ordre trois. La première classification projective range une congruence W′ dans l'une ou l'autre de quatre catégories, suivant que chacun des invariants relatifs est nul ou non.

Dans les congruences « W′ générales », qui dépendent manifestement de quatre fonctions arbitraires d'un argument, le complexe H admet un couple inflexionnel double.

Dans les congruences W'_1, le complexe H admet un couple inflexionnel triple; γ dépend encore de deux paramètres. Il est remarquable que l'une des nappes focales est une courbe plane, tandis que l'autre nappe est un cône. Les congruences W'_1 ne dépendent que d'une fonction arbitraire d'un argument,

Dans les congruences W'_2, le complexe H admet deux couples inflexionnels doubles; γ ne dépend plus que d'un paramètre. Ces congruences W'_2 dépendent de trois fonctions arbitraires d'un argument.

Enfin, dans les congruences W'_3, le complexe γ reste fixe. On obtient ces congruences qui dépendent manifestement de deux fonctions arbitraires d'un argument, en menant par chaque point d'une courbe quelconque les droites situées dans un complexe linéaire, non spécial, fixe.

V. Une congruence W′ générale admet un invariant projectif absolu d'ordre trois. Pour que cet invariant fondamental λ ne dépende que du paramètre de position du foyer qui décrit la courbe focale, il faut que les nappes focales dégénèrent en une courbe plane et en un cône.

Le complexe H supporté par une congruence W′ générale, admet au voisinage de chacune des droites r, qu'il a en commun avec la congruence W′, un réseau de complexes linéaires tangents parmi lesquels il en existe un osculateur.

Considérons les rayons centraux issus du foyer a_1 et des foyers infiniment voisins $a_1 + da_1$, situés sur la surface focale. Le complexe γ contient tous ces rayons centraux. Il contient aussi les rayons centraux relatifs au foyer $a_1 + \delta a_1 + \frac{1}{2}\delta^2 a_1$ situé sur une courbe tracée à partir de a_1 dans une certaine direction privilégiée.

Il existe une autre direction privilégiée telle que la congruence linéaire commune aux deux complexes infiniment voisins γ et $\gamma + \delta\gamma$ soit spéciale.

Il est remarquable que les deux directions privilégiées, ainsi définies, forment, dans le plan tangent en a_1 à la surface focale (a_1), un faisceau harmonique avec les génératrices respectives de W′ et (a_1).

VI. L'étude de la déformation projective d'ordre deux est intéressante. Signalons que toutes les congruences W′ sont déformables et qu'il est toujours possible d'obtenir une déformation singulière, au sens de M. Cartan [1]; on doit pour cela respecter l'invariant fondamental λ.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Semi-continuité et recherche directe de certains minima.* Note de M. **André Roussel**, présentée par M. E. Goursat.

1. Dans une Note récente [2], dont je reprends ici les notations, j'ai donné une méthode d'où découle d'une manière immédiate la semi-continuité de $\mathfrak{J}_c$. Soit C_0 une courbe décrite par le point $x_0(t), y_0(t)$, et sur laquelle les dérivées premières et secondes de x_0, y_0 soient continues. En supposant F positivement homogène du premier degré en x', y', nous avons pris deux fonctions continues, $\varphi(x, y)$, $\Psi(x, y)$ satisfaisant à

$$x'_0 = \varphi(x_0, y_0), \qquad y'_0 = \Psi(x_0, y_0)$$

et formé l'intégrale

$$\mathfrak{J}'_c = \int_{C} [x' F_{x'}(x, y, \varphi, \Psi) + y' F_{y'}(x, y, \varphi, \Psi)]\, ds$$

telle que $\mathfrak{J}_{c_0} = \mathfrak{J}'_{c_0}$ et que $\mathfrak{J}_c \geqq \mathfrak{J}'_c$, en vertu de l'hypothèse essentielle $F_1 \geqq 0$. La semi-continuité de $\mathfrak{J}_c$ résulte ainsi de la continuité de $\mathfrak{J}'_c$.

(1) E. Cartan, *C. R. du Congrès de Strasbourg*, 1921, p. 397-406.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 490.

La considération systématique de $\mathfrak{J}'_c$ permet d'aller plus loin. Il est un cas où la seule condition à imposer à C pour avoir $\mathfrak{J}_c \geqq \mathfrak{J}_{c_1} - \varepsilon$, est que les extrémités A et B de C soient suffisamment voisines des extrémités correspondantes de C_0 : celui où l'intégrale $\mathfrak{J}'_c$ porte sur la différentielle totale d'une fonction $\Phi(x, y)$. Pour cela, il faut et il suffit que C_0 soit une courbe intégrale de l'équation d'Euler (forme de Weierstrass). C'est ce que j'ai établi en supposant qu'il soit possible d'enclore les courbes de la classe K dans l'aire balayée par la normale à la courbe intégrale C_0, prolongée à volonté au delà de A_0 et de B_0 (condition γ).

Cette remarque élargit le champ d'application de la méthode directe. Le problème comporte en effet deux étapes : 1° étant donnés une courbe quelconque C_0, et un $\varepsilon > 0$, quelles sont les conditions (α) et (β) à imposer respectivement à C_0 et aux courbes C pour avoir $\mathfrak{J}_c \geqq \mathfrak{J}_{c_0} - \varepsilon$, pour toutes les C astreintes à (β), C_0 étant astreinte aux conditions (α) *indépendantes de* ε; 2° étant données une classe K de courbes et une suite minimisante Σ, K contient-il une C_0 astreinte à (α) et telle que, quel que soit ε, on puisse trouver une infinité de courbes de Σ satisfaisant à (β) ? En cas d'affirmative, C_0 est un minimum absolu. Par là, on voit que C_0 n'est plus nécessairement une courbe d'accumulation : c'est l'extension annoncée.

De l'ensemble de ces considérations, on déduit facilement le théorème suivant : soit dans un champ borné une classe K de courbes englobant les arcs des lignes intégrales de l'équation d'Euler découpées par ce champ. Il existe deux points P et Q tels que l'arc intégral de l'équation d'Euler joignant ces points fournisse, chaque fois qu'il existe et que la condition (γ) est satisfaite (cas général), un minimum absolu. Si la classe K cesse d'englober les extrémales, les autres hypothèses subsistant, on aura le même résultat, si i étant la borne inférieure des $\mathfrak{J}_c$ dans K, on démontre que $\mathfrak{J}_{c_0} \geqq i$.

2. Dans un autre ordre d'idées, j'ai cherché par la méthode directe, dans une classe de courbes dont les longueurs et les courbures sont bornées dans leur ensemble, le minimum faible d'une intégrale de la forme

$$I_c = \int_0^1 F(x, y, x', y', x'', y'')\, dt,$$

où $t = \frac{s}{L}$, s étant sur chaque courbe C l'abscisse curviligne du point courant, L la longueur de C. Définissons encore pour chaque système de valeurs $\bar{x}, \bar{y}, \bar{x}', \bar{y}'$ une *figurative*, c'est-à-dire une surface représentée dans le système auxiliaire de coordonnées x'', y'', u par l'équation

$$u = F(\bar{x}, \bar{y}, \bar{x}', \bar{y}';\ \bar{x}'', \bar{y}'').$$

J'ai obtenu les résultats suivants : 1° l'intégrale I est semi-continue sur une courbe C_0, pourvu que les C de la classe donnée aient avec C un voisinage d'ordre 1 et que la figurative soit partout au-dessus de son plan tangent; 2° il existe une courbe C_0 qui satisfait à la première de ces conditions et sur laquelle on peut définir I. Ce dernier point découle facilement du théorème de M. Lebesgue sur l'existence de la tangente à une courbe rectifiable, qui joue d'ailleurs dans toute cette théorie un rôle fondamental.

MÉCANIQUE. — *Sur la réalisation de très grandes vitesses de rotation.* Note (¹) de MM. **E. Henriot** et **E. Huguenard**, présentée par M. A. Cotton.

Lorsqu'on essaie de produire de très grandes vitesses de rotation avec une turbine à gaz comprimé ou à vapeur, ou par tout autre moyen, on se heurte à des difficultés provenant des frottements, du passage par les vitesses critiques et de la nécessité d'assurer un centrage parfait qui rend la construction difficile. Pour ces raisons, les vitesses obtenues sont restées assez éloignées de celles que permettrait la résistance des matériaux.

Nous avons pu réaliser de petites turbines à très grande vitesse où le rotor, libéré de tout contact solide ou liquide avec le stator, peut choisir lui-même son axe de rotation; les difficultés précédentes sont écartées, et il n'y a plus d'autre limite que celle imposée par la résistance du rotor à l'éclatement. La vitesse périphérique étant, de ce fait, limitée, les très grandes vitesses de rotation n'ont été atteintes qu'avec des organes de dimensions de plus en plus réduites, suffisantes cependant pour entraîner un miroir tournant.

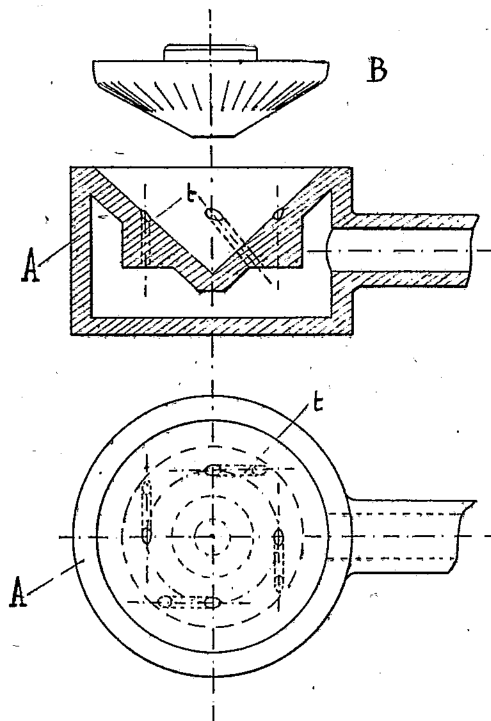
Nous avons réalisé divers appareils qui peuvent être considérés comme formés par l'assemblage de deux exemplaires du plus simple d'entre eux. C'est ce dernier que nous décrivons :

Il comprend un stator A, dans lequel est pratiqué un évidement conique d'axe vertical (voir figure) où débouchent des tuyères *t* dont les axes sont disposés comme des génératrices équidistantes d'un hyperboloïde à une nappe. Alimentées par de l'air comprimé, ces tuyères fournissent une série de jets divergents produisant une nappe gazeuse qui s'élève en tourbillonnant. Le rotor présente à sa partie inférieure la forme d'un cône ou d'une surface

(¹) Séance du 6 avril 1925.

voisine, striée dans la région rencontrée par les jets de gaz; les stries étant à peu près dirigées suivant des méridiens.

Le rotor, placé à une distance convenable du stator, est *aspiré vers lui* par le tourbillon. Quand il arrive presque au contact, il est au contraire repoussé par le gaz comprimé. Abandonné à lui-même, il trouve une position d'équilibre et se met à tourner rapidement; ainsi porté et mû par le tourbillon gazeux il peut acquérir de très grandes vitesses, séparé du stator en certains points par une fraction de millimètre seulement.



Une légère inégalité dans la répartition du débit entre les tuyères produit généralement un mouvement précessionnel au cours duquel l'axe décrit un cône très aigu à raison d'un tour en une demi-heure ou une heure. Le rotor produit un son d'axe de hauteur égale au nombre de tours par seconde N. Une perturbation brusque quelconque de ce rotor doit avoir pour effet de lui faire prendre un mouvement de nutation de fréquence $\sqrt{\frac{I}{J}}$, I et J étant respectivement ses moments d'inertie autour de l'axe de révolution et d'un axe principal transverse; il en résulte que la

mesure de la vitesse par le seul son d'axe pouvait se trouver faussée par la nutation dans certains cas. Il a été nécessaire de contrôler par stroboscopie les mesures faites à l'aide du son d'axe.

Nous avons réalisé sur ce modèle trois types de turbines mues par l'air ou l'anhydride carbonique comprimés. Dans le premier modèle, le rotor a un diamètre d égal à 45^{mm}, un angle au sommet α du cône égal à $110°$; le stator a un angle au sommet β de $80°$ et comporte un nombre n égal à 12 de tuyères de 2^{mm} de diamètre alimentées par de l'air comprimé à une pression p voisine de 2^{kg} par centimètre carré.

Dans l'essai au stroboscope, une lame vibrante qui donnait le la_3 à $\pm 2,5$ vibrations par seconde, chargeait un condensateur et le déchargeait dans un tube à néon. En augmentant progressivement la pression de l'air, on observe successivement trois immobilisations apparentes du rotor dont une moitié de la face supérieure est argentée et l'autre noircie.

Cet aspect d'immobilité peut être maintenu pendant plusieurs dizaines de minutes. La vitesse périphérique atteignait 185 m/s, la vitesse de rotation 1300 tours à la seconde. Un anneau de cuivre posé sur la turbine éclate. Ce modèle peut entraîner un miroir M de 4^{cm^2}.

Le second modèle a un rotor de $20^{mm},5$ de diamètre.

Le troisième modèle, encore utilisable pour des expériences d'optique peut recevoir un miroir à quatre pans en acier poli de 5 à 6^{mm} de côté. Ses caractéristiques sont : $d = 11^{mm},7$, $\alpha = 120°$, $\beta = 80°$, $n = 6$, p voisin de 3 kg-cm².

Posé sur le tourbillon gazeux, le rotor atteint en quelques secondes la vitesse de 1000 tours par seconde, puis s'accélère plus lentement. Nous avons pu le maintenir à 4000 tours par seconde sans arrêt, avec une vitesse bien constante pendant plusieurs heures. En augmentant la pression, nous avons accru sa vitesse au point que l'évaluation au son d'axe devient très difficile. Nous avons pu noter la seizième apparence d'immobilité du rotor avec un stroboscope à étincelles de fréquence voisine de 700. La vitesse de 11000 tours par seconde, soit 660000 tours par minute, a donc été dépassée.

Nous faisons construire des rotors en acier à haute résistance qui doivent supporter une vitesse d'un million de tours par minute.

Quand on force trop la pression, le rotor saute hors de son logement; il s'agit probablement d'un changement dans le régime d'écoulement du gaz, changement qui est souvent accompagné de la production d'un bruit intense.

La réunion de deux turbines complètes, montées symétriquement sur un même axe, a permis d'obtenir une fixité encore plus grande de l'axe de

rotation. Elle évite la production du phénomène ci-dessus, mais offre des difficultés de construction que ne présente pas le modèle simple, modèle dont la réalisation est facile.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Au sujet de l'utilisation des antidétonants.* Note de M. **P. Dumanois**, présentée par M. G. Kœnigs.

Nous avons eu l'occasion de montrer précédemment tout l'intérêt que présentaient les antidétonants à grande puissance, en empêchant que le phénomène de la combustion ondulatoire puisse se produire et en reculant ainsi la limite de compression jusqu'à celle résultant de l'auto-allumage par compression adiabatique.

Nous avons été conduit dès lors, à rechercher comment pouvait être interprétée l'action de ces corps.

De l'observation du fonctionnement mécanique des moteurs, il semble résulter que les antidétonants agissent pour diminuer les écarts dans la vitesse de combustion, en la régularisant, de telle façon, que les différentes particules de combustible peuvent brûler progressivement, sans être soumises à des élévations brutales de pression et de température, qui produisent un véritable cracking. Cette hypothèse est basée sur les faits suivants :

Lorsqu'on emploie un combustible qui donne lieu au phénomène de détonation, des encrassements se produisent dans les moteurs, spécialement dans les bougies, par suite de la libération de carbone qui brûle difficilement; les dépôts de carbone peuvent être même suffisants, soit pour entraver le fonctionnement, soit pour causer des allumages prématurés. Lorsqu'on introduit un antidétonant, on constate la disparition complète des encrassements; les différentes particules ont donc eu le temps de brûler complètement, sans donner lieu à la production de carbone libre.

Une autre conséquence de ce fait est que la durée totale de combustion de la charge est plus faible; il en résulte une augmentation des limites extrêmes dans la proportion de combustible et de comburant donnant lieu à une combustion correcte à l'intérieur du moteur, sans crainte de retour au carburateur; il est donc possible de marcher avec des mélanges plus pauvres.

En partant de ces considérations, nous avons été conduit à rechercher si la présence d'antidétonants à grande puissance, tel que le plomb tétraéthyle en particulier, ne permettrait pas, par suite de la régularité plus grande de

combustion ainsi obtenue, d'utiliser dans les moteurs usuels, des combustibles plus lourds que l'essence. Nous avons eu, en effet, l'occasion de montrer précédemment qu'en employant l'alcool carburé au pétrole lampant, il était possible d'obtenir un fonctionnement régulier avec un mélange de 70 pour 100 d'alcool et 30 pour 100 de pétrole lampant, ce résultat étant attribué au double rôle de l'alcool comme solvant du pétrole, et comme antidétonant.

Nous avons donc été conduit à rechercher si, par l'emploi de plomb tétraéthyle, on ne pourrait pas arriver à un résultat identique, en remplaçant, comme solvant du pétrole lampant, l'alcool par l'essence de pétrole.

Les résultats obtenus ont été les suivants : avec une automobile ayant un moteur de 10 HP de 68^{mm} d'alésage, de 100^{mm} de course, ayant une compression volumétrique de 4,5, un combustible composé d'un mélange de 50 pour 100 d'essence et 50 pour 100 de pétrole lampant, 1,5 pour 1000 de plomb tétraéthyle permet, sans modification du moteur, un excellent fonctionnement sans chocs ni encrassement et avec une consommation équivalente à celle obtenue avec l'essence. Les mêmes résultats ont été obtenus, avec la même proportion d'antidétonant, en utilisant un combustible constitué par l'ensemble des produits passant, avant 280°, à la distillation d'un pétrole brut, contenant 40 pour 100 d'essence, et correspondant à 70 pour 100 en volume, de ce pétrole brut. Sur une autre voiture ayant un moteur 12 HP, de 75^{mm} d'alésage, 130^{mm} de course, avec compression volumétrique de 4,6, la limite au delà de laquelle le fonctionnement cesse d'être satisfaisant est d'environ 30 pour 100 de pétrole lampant.

La différence des résultats obtenus confirme les hypothèses déjà émises sur l'influence du point d'allumage; dans le premier moteur, l'allumage se fait, en effet, par bougie centrale au fond de la culasse, alors que dans le second il se fait latéralement.

Par ailleurs, sur cette dernière voiture, des essais ont été faits avec la compression 6, en utilisant un mélange d'essence et de pétrole lampant, dans la proportion de 80/20 avec 3 millièmes de plomb tétraéthyle. Les résultats ont été également satisfaisants.

Les essais ont eu lieu pendant l'hiver et ont porté sur des parcours totaux respectifs de 400^{km} pour la première voiture, et 3000^{km} pour la seconde.

La seule difficulté rencontrée par temps très froid a été relative à la mise en route; il était nécessaire de laisser chauffer la voiture pendant quelques minutes avant de démarrer.

Ces essais laissent donc supposer qu'il est possible, par l'emploi d'antidétonants, d'utiliser des essences sensiblement plus lourdes que les essences usuelles.

L'intérêt d'un tel combustible serait soit de simplifier le raffinage, soit de permettre l'utilisation d'une proportion assez considérable de pétrole lampant dans les moteurs existants, ce qui aurait l'avantage d'augmenter les sources possibles de combustible pour moteur d'automobile, tout en diminuant la valeur de l'argent exporté, et de faciliter l'écoulement des pétroles lampants dans le cas du raffinage en France du pétrole brut.

Enfin, on conçoit que la combinaison des antidétonants et de l'augmentation de compression puisse permettre d'envisager la réalisation d'un moteur standard, susceptible d'utiliser dans de bonnes conditions les combustibles que l'on pourrait obtenir en France, ou se procurer à l'étranger : essence, pétrole, alcool et gaz de gazogène.

MAGNÉTISME. — *Sur une anisotropie magnétique artificielle du nickel. Acquisition d'un état à cycle particulièrement simple.* Note de M. **R. Forrer**.

J'ai montré (¹) qu'un traitement spécial fait apparaître dans le cycle d'aimantation du nickel deux grands phénomènes de discontinuité (S_1, S_2, *fig.* 5).

L'aspect de ces cycles a fait supposer que dans la matière ainsi préparée le nickel existe dans deux états de champs coercitifs différents.

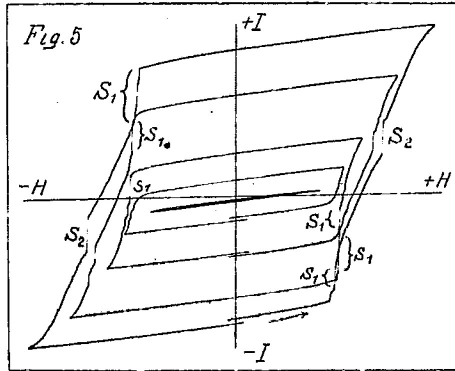
J'ai obtenu un état plus simple par les opérations suivantes : le fil de nickel ($l = 50^{mm}$, $d = 1^{mm}$) étiré est courbé autour d'une poulie d'un diamètre de 5^{mm}, en tirant très fortement. Le fil garde une faible courbure; et si on l'introduit dans la bobine (diamètre intérieur : 3^{mm}), il est presque complètement redressé par une déformation élastique.

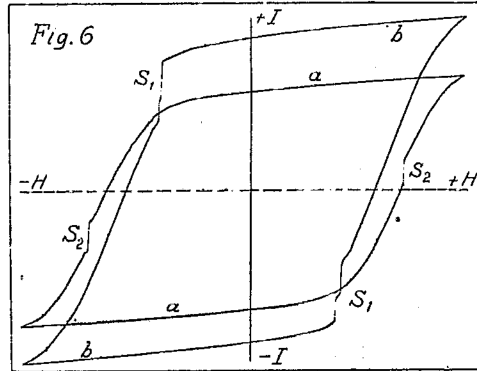
On obtient alors le cycle *a* de la figure 6 avec le deuxième saut S_2 seulement.

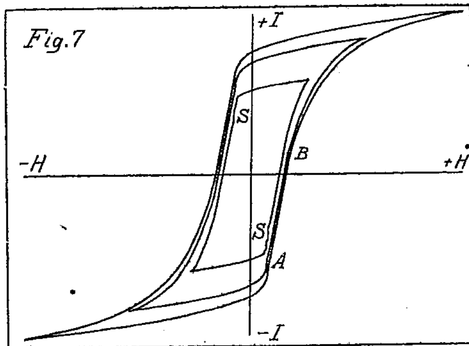
Par le même traitement, mais en effectuant la flexion au moyen d'une traction aussi douce que possible, on obtient un état (*fig.* 6, *b*) avec le premier saut S_1 seulement, placé au commencement de la branche ascendante. Cet état m'a semblé être le plus simple atteint jusqu'à présent. Ses cycles de limites plus étendues (*fig.* 7) présentent après le saut S des branches rectilignes, inclinées et parallèles (*fig.* 7, AB) qui font penser que seul le champ démagnétisant limite dans cette substance la grandeur des sauts.

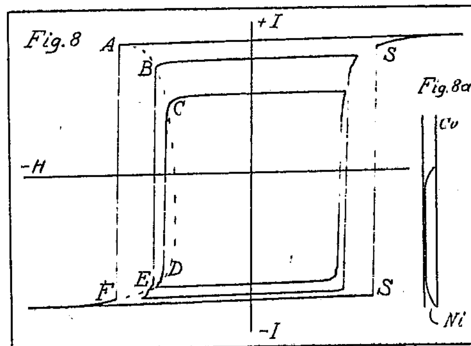
(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1253.

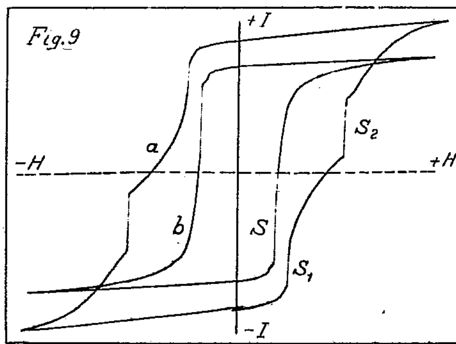
J'ai donc traité un fil plus fin (0^{mm}, 22 de diamètre) de la même façon (recuit, étiré à la rupture, courbé 3 fois autour d'une poulie d'un diamètre

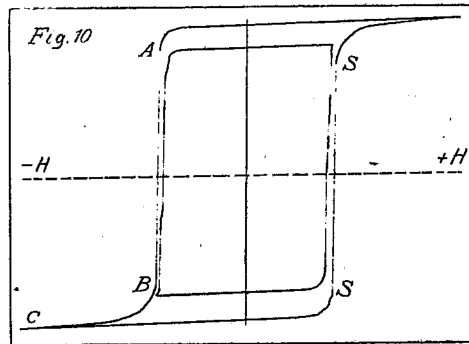












de 1^{mm}, 8). Pour protéger ce fil légèrement courbé contre des traitements accidentels, je l'ai introduit dans un tube de cuivre (diamètre intérieur : 2^{mm}).

Les cycles de la figure 8 montrent le résultat attendu : Les côtés réversibles sont peu inclinés, rigoureusement droits et parfaitement parallèles entre eux. Le saut est devenu très grand (SS). Il occupe presque toute la hauteur du cycle (97 pour 100). La partie irréversible de l'aimantation se renverse brusquement presque tout entière, ce qui confirme d'une façon très nette la théorie de l'aimantation spontanée de M. Weiss.

J'appelle *champ critique* le champ qui renverse une aimantation orientée (cas des sauts S), l'expression « champ coercitif » continuant à désigner le champ qui annule l'aimantation.

Dans la figure 8 le champ critique des grands cycles est bien plus grand que celui des petits. De la courbe ABCDEF, tracée en pointillé, sur laquelle se placent les points anguleux, résulte l'explication du mécanisme des sauts : aux points A, B, C, l'aimantation devient instable et saute brusquement en D, E, F situés sur la partie stable de la courbe.

J'ai pu établir, par des expériences méthodiques, que cette variabilité du champ critique tient à ce que le champ critique est plus grand dans le fil à courbure naturelle (*fig.* 9, *a*) qu'après le redressement élastique (*fig.* 9, *b*), qui était resté incomplet dans les expériences précédentes. Il intervient encore dans l'explication complète le fait que le champ critique est plus grand pour une substance d'étendue indéfinie, uniformément aimantée que pour une substance dans laquelle le retournement bout pour bout a commencé. Je développerai ailleurs cette démonstration.

Pour obtenir une matière avec des propriétés uniformes, il faut donc donner au nickel étiré et courbé une forme *exactement rectiligne par déformation élastique*. A cet effet je l'ai introduit dans un tube capillaire. La figure 10 donne les cycles pour deux limites du champ; les côtés réversibles (étudiés jusqu'à 100 g.) restent rigoureusement réversibles et parfaitement parallèles entre eux. Le gradient du côté réversible est une constante définie. Après une petite partie courbée voisine de A se produit le renversement AB de l'aimantation spontanée dont le champ critique est maintenant presque le même pour le grand et le petit cycle. On atteint le côté réversible en passant par un raccord curviligne BC qui provient, comme la courbure en A, de ce que le champ démagnétisant augmente vers les bouts.

Des traitements systématiques ont conduit aux résultats suivants. La *flexion seule* autour de cylindres de plus en plus petits rend d'abord droite la partie réversible. La partie irréversible se relève de plus en plus, son champ coercitif grandit et atteint une limite d'environ 9 g. Le même traitement appliqué au nickel *étiré* (champ coercitif très grand) fait

apparaître des sauts, diminue l'inclinaison de la réversibilité et diminue le champ coercitif jusqu'à la même limite de 9 g. Nous aboutissons donc à la substance bien définie de la figure 10 avec un certain minimum de l'inclinaison de la partie réversible et avec un champ critique bien déterminé (9 g.).

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'effet de pôle des raies du baryum et du néodyme dans la partie visible du spectre.* Note [1] de M. **Josef Mikulas Mohr**, présentée par M. H. Deslandres.

Quoique la découverte de l'effet de pôle, par Goos [2] d'une part et St. John et Bacbock [3] d'autre part, remonte à 1913, la question est loin d'être complètement connue et éclaircie. Cependant un fait certain est que, avec les électrodes du métal, l'effet est plus grand au pôle positif qu'au pôle négatif; avec les sels l'effet est le plus grand au pôle négatif. Ce déplacement au pôle positif avec une électrode du métal est presque le même, en grandeur et signe, qu'au pôle négatif avec une électrode en charbon [4]. Cet effet, que j'appellerai « effet des électrodes », semble être tout à fait général.

Dans la présente Note, j'étudie l'effet de pôle sur des raies du baryum et du néodyme dans l'arc au charbon tel qu'on l'utilise pour toutes les mesures spectroscopiques; ces raies présentent un intérêt particulier en physique solaire. J'ai fait usage dans ce travail du spectrographe interférentiel de M. Perot.

L'arrangement expérimental permet de comparer au même moment les lumières de deux parties d'un même arc. L'étalon interférentiel est traversé simultanément par deux faisceaux issus l'un du pôle, l'autre de la partie centrale de l'arc. Ces deux faisceaux traversent des diaphragmes complémentaires de telle sorte que l'un d'eux donne uniquement les premiers anneaux et l'autre les anneaux suivants. On est ainsi à l'abri des erreurs qui pourraient venir d'une variation de l'étalon si l'on faisait deux poses successives, l'une pour le pôle, l'autre pour le centre de l'arc. Le courant

---

[1] Séance du 27 avril 1925.

[2] Goos, *Weiterer Beitrag zur Feststellung eines Normal-systems von Wellenlängen im Bogenspektrum des Eisens* (*Zs. für wiss. Photog.*, 12, 1913, p. 259).

[3] St. John et Babcock, *A study of the pole-effect in the iron arc* (*A. P.*, 42, 1915, p. 231).

[4] R.-E. Harris, *Pole-effect and pressure shift in the lines of the spectra of zinc and of calcium* (*A. P.*, 59, 1924, p. 261).

employé a toujours été 6 ampères, la distance des électrodes 15^{mm}, l'électrode positive est à mèche, sur son cratère on a mis les sels étudiés : chlorure et sulfate de baryum, chlorure de néodyme.

D'après Saunders [1] on distingue dans le spectre du baryum trois systèmes de séries : systèmes de triplets, de doublets et de raies simples. Mais la liaison entre l'effet de pôle et les raies dans une série n'apparaît pas, comme dans le cas du calcium où la plupart des raies appartiennent à des séries dissymétriques. Les raies du baryum dont les effets mesurés oscillent entre 0,000 et 0,003 Å pour le pôle négatif et sont presque nuls au pôle positif, pourraient être appelées « raies neutres » puisque aucune des causes qui déplacent généralement les raies n'agissent sensiblement sur elles. Pour le néodyme nous ne connaissons pas de séries. L'effet de pôle pour ses raies est également faible. Les raies du calcium, que j'ai mesurées comme raies d'impureté, donnent des valeurs en accord avec les résultats de Gale et Whitney [2] et de Harris ; cela confirme les idées de Gale que l'effet de pôle n'est pas dû à la densité des vapeurs.

Tableau de l'effet de pôle des raies du baryum.

Raies.	S.	Nég.-Centre.	Pos.-Centre.
Å		Å	Å
6527,32....	c	+0,003	0,000
6498,77....	c	+0,002	0,000
6496,91....	»	+0,003	0,000
6482,92....	»	+0,002	0,000
6450,85....	c	+0,003	0,000
6341,69....	c	+0,003	0,000
6141,75....	»	+0,008	+0,002
6110,81....	$3d-3p_1$	+0,006	+0,002
6063,15....	$3d_2-3p_1$	+0,006	+0,001
6019,49....	$3d_3-3p_3$	+0,004	0,000
5997,10....	$3d_3-3p_2$	+0,003	+0,001
5971,72....	$3d_2-3p_1$	+0,002	0,000
5853,69....	»	+0,003	+0,001
5849,28....	»	+0,002	0,000
5826,30....	$3D-4\Delta P$	+0,002	+0,001
5777,77....	$2p_1-4d_1$	−0,005	0,000
5535,50....	$2p_2-4d_3$	−0,005	0,000

(1) SAUNDERS, *Revision of the series in the spectrum of baryum* (*A. P.*, 51, 1920, p. 23).

(2) GALE et WHITNEY, *On the pole effect in a Calcium arc* (*A. P.*, 43, 1916, p. 161).

Raies.	S.	Nég.-Centre.	Pos.-Centre.
Å		Å	Å
4934,09....	$2P_2 - 1,5S$	+0,003	+0,001
4877,65....	»	+0,003	+0,001
4726,46....	$3D - 4P$	+0,003	0,000
4673,62....	»	−0,005	−0,001
4573,88....	»	+0,004	+0,001
4554,04....	$2P_1 - 1,5S$	+0,003	+0,001
4431,93....	»	+0,003	+0,001
4402,55....	»	+0,003	+0,001
4283,11....	$3d_3 - 4P$	+0,003	0,000
4130,68....	$2P_1 - 4D_1$	+0,005	+0,002

S désigne les séries, d'après la notation dans le *Handbuch* de Kayser, t. 7.

Tableau de l'effet de pôle des raies du néodyme entre 3960-4177 Å.

Raies.	Nég.-Centre.	Pos.-Centre.
Å	Å	Å
4177,49....................	+0,004	+0,002
4156,34....................	+0,004	−0,003
4109,64....................	+0,003	+0,002
4075,36....................	+0,003	+0,001
4069,42....................	+0,005	−0,003
4060,10....................	+0,002	0,000
4040,93....................	+0,004	+0,001
4031,95....................	+0,006	+0,003
4023,16....................	+0,007	+0,003
4021,91....................	+0,004	+0,001
4021,47....................	+0,004	+0,001
4021,03....................	+0,003	+0,001
4012,44....................	+0,003	+0,001
3994,84....................	+0,007	+0,003
3991,91....................	+0,004	+0,001
3990,27....................	+0,003	0,000
3973,60....................	+0,005	+0,002
3973,43....................	+0,006	+0,002

Comme raies d'impureté ont été mesurées deux raies du praséodyme :

Raies.	Nég.-Centre.	Pos.-Centre.
Å	Å	Å
4046,80....................	−0,003	0,000
3960,75....................	+0,007	+0,003

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une méthode d'analyse par absorption des rayonnements radioactifs.* Note de Mme **J.-S. Lattès**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note précédente (¹), nous avons donné les résultats de l'analyse, par absorption dans le platine, du rayonnement total du radium. Nous résumerons ici la technique employée, qui est tout à fait générale et peut s'appliquer à la décomposition de n'importe quel rayonnement complexe.

Le dispositif expérimental, précedemment décrit en détail (²), comporte essentiellement (voir la figure) : la source S, l'électro-aimant M produisant le champ magnétique destiné à dévier les rayons β, et la chambre d'ionisation C. Un circuit extérieur permet d'annuler le champ rémanent.

On peut utiliser ce dispositif de différentes manières suivant la disposition du radiateur R d'épaisseur fixe et des écrans absorbants E d'épaisseur variable (écrans d'analyse), et suivant la valeur du champ magnétique. Le tableau suivant résume les cinq conditions dans lesquelles on a étudié les courbes d'absorption $\log I = f(m/s)$ (logarithme de l'intensité en fonction de la masse superficielle des écrans d'analyse).

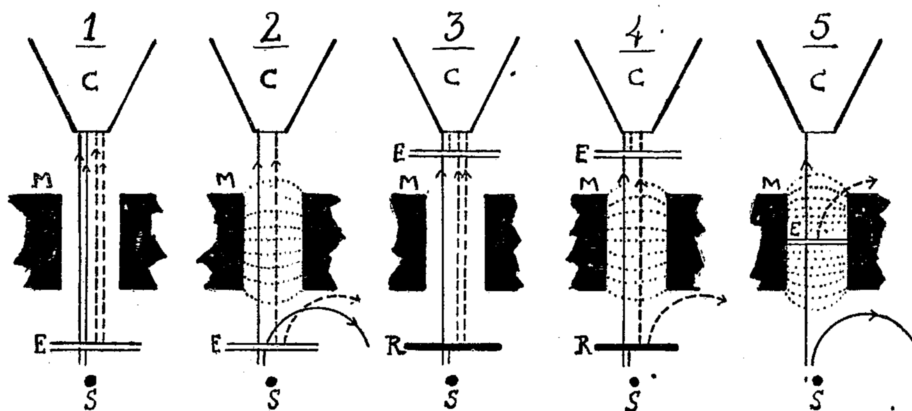
Ce tableau montre que : 1° Le rayonnement γ primaire est mis en évidence isolément par le dispositif 5 : $(I_5 = I_\gamma)$; — 2° $I_3 - I_4$ représente, à partir de l'épaisseur fixe du radiateur R, le rayonnement β excité par le rayonnement γ primaire dans le radiateur, soit y_β. On peut donc analyser ce rayonnement isolé et le représenter par une équation convenable permettant de l'extrapoler aux épaisseurs inférieures à celles du radiateur R. Cet artifice de calcul est nécessaire, aucune méthode expérimentale ne pouvant séparer directement les rayons β primaires des rayons β secondaires. Il permet de passer de y_β, $(m/s > R)$, à Y_β, (m/s quelconque); — 3° $I_1 - I_2$ représente le rayonnement β total, tant primaire que secondaire, soit $I_\beta + Y_\beta$. En retranchant de cette expression la valeur de Y_β que l'on vient de calculer, on obtient le rayonnement β primaire isolé, I_β; — 4° Enfin $I_2 - I_5$ donnerait le rayonnement secondaire électromagnétique Y_γ excité dans les écrans par les rayons β primaires, mais sa valeur est, au moins dans les cas étudiés par nous jusqu'ici, inférieure aux erreurs expérimentales.

On peut donc isoler ainsi les différents types de rayons que l'on rencontre dans l'analyse de tout rayonnement. Il ne reste plus qu'à décomposer, par les méthodes habituelles, les rayonnements totaux de chaque type, afin

(¹) *Comptes-rendus*, 180, 1925, p. 1023.
(²) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 867 et 963; 177, 1923, p. 798.

Dispositif.			Rayonnement primaire		Rayonnement secondaire.				Intensité effectivement mesurée dans la chambre C au total.
					γ excité par β		β excité par γ		
N°.	Champ magnétique.	Écrans.	électro-magnétique. I_γ.	corpusculaire. I_β.	dans le radiateur R. y_γ.	dans les écrans E. Y_γ.	dans le radiateur R. y_β.	dans les écrans E. Y_β.	
1...	nul	pas de radiateur, écrans juste sur la source S	entre dans la chambre C après absorption partielle par les écrans E	entre dans la chambre C après absorption partielle par les écrans E	pas de radiateur R	entre dans la chambre C	pas de radiateur R	entre dans la chambre C	$I_1=I_\gamma+I_\beta+Y_\gamma+Y_\beta$
2...	2000 gauss	(id.)	entre dans la chambre C après absorption partielle par les écrans E	est dévié dès sa sortie des écrans E	pas de radiateur R	entre dans la chambre C	pas de radiateur R	dévié dès sa sortie des écrans E	$I_2=I_\gamma+Y_\gamma$
3...	nul	un radiateur R d'épaisseur fixe sur la source S, écrans E d'analyse sous chambre C	entre dans la chambre C après absorption partielle par les écrans E	entièrement absorbé par le radiateur R	entre dans la chambre C après absorption partielle par les écrans E	n'existe pas, les rayons excitateurs n'atteignant pas les écrans E	entre dans la chambre C après absorption partielle par les écrans E	entre dans la chambre C	$I_3=I_\gamma+y_\gamma+y_\beta+\beta Y$
4...	2000 gauss	(id.)	entre dans la chambre C après absorption partielle par les écrans E	entièrement absorbé par le radiateur R	entre dans la chambre C après absorption partielle par les écrans E	n'existe pas, les rayons excitateurs n'atteignant pas les écrans E	dévié dès sa sortie du radiateur R	entre dans la chambre C	$I_4=I_\gamma+y_\gamma+Y_\beta$
5...	2400 gauss	pas de radiateur, écrans E à mi-hauteur des pièces polaires	entre dans la chambre C après absorption partielle par les écrans E	est dévié avant d'atteindre les écrans E	pas de radiateur R	n'existe pas, les rayons excitateurs n'atteignant pas les écrans E	pas de radiateur R	dévié dès sa sortie des écrans E	$I_5=I_\gamma$

d'en tirer des groupes définis caractérisés par des coefficients d'absorption indépendants de l'épaisseur traversée.



Cette analyse montre qu'à chaque groupe défini de rayons primaires γ correspond un groupe défini de rayons secondaires β. Elle légitime d'autre part le calcul théorique suivant de l'intensité du rayonnement secondaire :

Soit un écran d'épaisseur z, absorbant, avec un coefficient déterminé μ, un groupe défini de rayons. Considérons dans cet écran, à la profondeur x, une tranche élémentaire d'épaisseur dx. La perte d'intensité du rayonnement primaire dans cette tranche est

$$dI = \mu I_0 e^{-\mu x} dx.$$

Supposons que la quantité élémentaire dJ de rayonnement secondaire qui prend naissance dans la tranche dx soit proportionnelle à la perte d'intensité dI du rayonnement primaire dans cette même tranche, nous écrirons :

$$dJ = k\, dI = k \mu I_0 e^{-\mu x} dx.$$

Mais cette quantité élémentaire du rayonnement secondaire doit, pour sortir de l'écran, traverser encore l'épaisseur $z - x$, avec un coefficient d'absorption μ'. Nous aurons donc à la sortie de l'écran la quantité élémentaire de rayonnement secondaire :

$$dY = e^{-\mu'(z-x)} dJ = k\mu I_0 e^{-\mu' z} e^{\pm(\mu-\mu')x} dx.$$

Intégrons de o à z

$$Y = k\mu I_0 e^{-\mu' z} \int_0^z e^{\pm(\mu-\mu')x} dx \quad \frac{k I_0}{\frac{\mu'}{\mu} - 1} (e^{-\mu z} - e^{-\mu' z}).$$

Introduisons maintenant la masse superficielle $\frac{m}{s}$ et le coefficient massique $\frac{\mu}{\rho}$. Il vient, en appelant K le facteur de la parenthèse :

$$Y = \pm K\left(e^{-\frac{\mu}{\rho}\frac{m}{s}} - e^{-\frac{\mu'}{\rho}\frac{m}{s}}\right) \qquad (\pm \text{ suivant que } \mu' \gtrless \mu),$$

expression générale de l'intensité du rayonnement secondaire.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le spectre magnétique de rayons β de grande vitesse du radium* B + C. Note [1] de M. J. d'Espine, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons signalé [2], M. Yovanovitch et moi, l'existence de rayons β de très grande vitesse pour le mésothorium II et pour le thorium B + C. J'ai entrepris une étude semblable pour les rayons β du radium B + C.

L'existence de rayons β rapides émis par le radium C avait déjà été signalée par Danysz [3] et par Rutherford et Robinson [4]. Danysz avait trouvé deux raies correspondant, l'une à la vitesse (exprimée par rapport à celle de la lumière) $\beta = 0,988$, de $H\rho = 10850$, l'autre à la vitesse $\beta = 0,996$ de $H\rho = 18900$. Rutherford et Robinson avaient trouvé tout une série de raies relativement fortes jusqu'à $H\rho = 9965$, et au delà ils avaient trouvé des traces de radiations faibles jusqu'à $H\rho = 20000$. Ellis, dans une publication récente [5] a trouvé avec des mesures plus précises $H\rho = 10020$ au lieu de $H\rho = 9965$ pour la raie signalée par Rutherford et Robinson.

Les expériences que je viens de faire confirment l'existence de deux raies pour lesquelles $H\rho = 9960$ et $H\rho = 10700$. J'ai également trouvé au delà une bande de rayons rapides comprise entre les valeurs $H\rho = 15000$ et $H\rho = 27000$; cette bande, bien que très faible, a été mesurée sur toute une série de clichés obtenus avec différents champs magnétiques. L'aspect de la bande montre qu'elle est composée de plusieurs groupes de rayons. Ces rayons traversent très facilement des écrans minces d'aluminium mis sur la plaque photographique.

Dispositif expérimental. — J'ai employé deux appareils différents à déviation magnétique. Le premier était le même que l'appareil utilisé par M. Yovanovitch et moi pour les spectres du mésothorium II et du thorium B + C, où un faisceau étroit de rayons β déterminé par une source linéaire et une fente étroite en plomb parallèle à la source tombe sur une plaque photographique placée à quelques centimètres de distance de la

---

(1) Séance du 27 avril 1925.

(2) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1162; **180**, 1925, p. 202.

(3) J. Danysz, *Le Radium*, 1913, **10**, p. 4, et O. von Baeyer, *Jahrb. Rod. u. Elektr.*, 1914, **11**, p. 66.

(4) Rutherford et Robinson, *Phil. Mag.*, **26**, 1913, p. 717.

(5) C.-D. Ellis, *Proc. Cambr. Phil. Soc.*, **32**, septembre 1924, p. 369.

fente. Le deuxième appareil était du même type mais de dimensions beaucoup plus grandes; la distance de la plaque à la source pouvait atteindre jusqu'à 20^{cm}, ce qui permettrait d'obtenir une forte dispersion et une grande exactitude dans les mesures. Les parois de l'appareil étaient doublées d'aluminium. Un tel appareil a l'avantage de diminuer l'effet des rayons secondaires et de donner par là beaucoup de contraste aux clichés photographiques. Le champ magnétique était produit par deux cadres de Helmholtz de 34^{cm} de rayon moyen permettant d'obtenir une région très étendue de champ uniforme.

Les sources radioactives étaient des ampoules de verre à parois très minces (de l'ordre de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur) contenant 50 à 100 millicuries de radon, préparées suivant un procédé qui sera décrit ultérieurement [1].

L'étalonnage du champ magnétique était fait en utilisant comme étalon la raie forte du Ra B, $H\rho = 1938$, mesurée avec une haute précision par Ellis et Skinner [2].

Toutes les expériences étaient faites dans un vide de l'ordre de $\frac{1}{100}$ de millimètre, suffisant pour éviter la dispersion des rayons β.

Résultats. — Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau qui suit :

Rayons β du radium B + C.

Vitesse des rayons rapportée à celle de la lumière $\beta = \frac{v}{c}$.	Intensité.	Énergie en volts.	Hρ (gauss × cm).	Hρ de Ellis.	Hρ de Rutherford et Robinson.	Hρ de Danysz.
entre 0,998 et 0,994 [a]	très faible	entre 7600000 et 4000000	entre 27000 et 15000	—	jusqu'à 20000 raies faibles	18900
0,988 [b].	moyenne	2740000	10700	—	—	10850
0,986 [c].	»	2523000	9960	10020	9965	—
0,961...	»	1336000	5912	5904	—	—
0,889...	»	601000	3289	3271	—	—
0,869...	assez forte	520500	2982	2980	—	—
0,806...	moyenne	350000	2306	2307	—	—
0,800...	forte	338600	2259	2256	—	—
0,765...	moyenne	280900	2013	2015	—	—
0,752...	très forte	263800	1938	1938	1925	1935
0,724...	moyenne	228300	1778	1774	—	—
0,702...	très forte	206000	1673	1677	1660	1690
0,638...	»	151700	1404	1410	1392	1418

[a] Bande de rayons rapides. — [b] Tête de bande. — [c] 2e tête de bande.

---

(1) Je suis redevable de la préparation de ces ampoules à M. Yovanovitch à qui j'adresse ici mes vifs remercîments.

(2) ELLIS et SKINNER, *Proc. Roy. Soc.*, série A, vol. 105, janvier 1924, p. 60.

Remarque. — Pour le calcul des résultats, on n'a pas tenu compte du ralentissement des rayons β dû aux parois minces des ampoules. Ce point sera discuté dans un travail ultérieur. Je ne pense pas que cette correction apporte de grandes modifications aux valeurs de ce tableau.

Dans ce tableau figurent aussi plusieurs des groupes principaux des rayons β du radium B et du radium C que j'ai retrouvés en très bonne concordance avec les valeurs d'Ellis.

J'ai commencé aussi des expériences avec un appareil à foyer du type employé par les auteurs précédents. Les premiers clichés ont déjà confirmé l'existence de raies faibles au-dessus de $H\rho = 10000$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'oxydation chromique comparée et la structure moléculaire : dérivés taririques et stéaroliques.* Note de M. **Louis-Jacques Simon.**

La méthode d'oxydation chromique comparée permet-elle de distinguer deux monoacides non saturés isomères à choix linéaire? C'est pour donner une réponse à cette question qu'ont été entreprises les expériences actuelles.

Le groupe choisi a été celui des acides taririque et stéarolique $C^{18}H^{32}O^2$ acétyléniques et des acides éthyléniques correspondants $C^{18}H^{34}O^2$. L'acide stéarique $C^{18}H^{36}O^2$ est l'acide saturé terme de leur hydrogénation.

Les résultats ont été inscrits dans le tableau suivant avec les notations antérieurement indiquées; pour les mesures d'oxydation chromique (C_1) on a employé 4^g d'anhydride chromique, la durée de chauffe à 100° étant de 4 minutes; pour les mesures au bichromate d'argent (C_2) on a employé 4^g de cet oxydant et la durée de chauffe à 100° a été de 30 minutes.

Conclusions. — I. L'accord entre C_2 et C, c'est-à-dire l'accord avec la valeur théorique de celle qu'on peut déterminer par l'emploi de bichromate d'argent est très suffisant pour les substances *pures : cette technique reçoit donc de ces mesures une nouvelle confirmation.*

II. Les valeurs de C_1 sont distinctes de C. Les valeurs de Δ sont comprises entre 0,9 et 1,5, c'est-à-dire inférieures à 2 : elles constituent donc une nouvelle confirmation de l'opinion que le résidu non gazéifié par l'oxydation chromique renferme deux atomes de carbone et est très vraisemblablement l'acide acétique.

Pour une chaîne linéaire il doit donc y avoir un déficit maximum de deux atomes de carbone. Corrélativement le déficit est supérieur comme le

Substance.	Tf.	Symbole.	C_1.	C_2.	C	Δ.
Ac. stéarique I	69°	$CH^3-(CH^2)^{16}-CO^2H$	70,55-70,0	75,3 -75,03	76,05	1,37
» II	69	»	70,25-69,86	75,74-75,45	»	1,42
» III	69	»	70,2 -70,5	75,4 -75,07	»	1,35
» IV	67-68	»	68,8 -68,2	73,95-73,1	»	1,81
Stéarate d'éthyle	36,5	$CH^3-(CH^2)^{16}-CO^2C^2H^5$	64,13-64,48	76,2 -76,7	76,9	3,27
Ac. taririque	51	$CH^3-(CH^2)^{10}-C\equiv C-(CH^2)^4-CO^2H$	72,05	77,6 -77,5	77,16	1,19
Tarirate de méthyle	liq.	$CH^3-(CH^2)^{10}-C\equiv C-(CH^2)^4-CO^2CH^3$	72,32	77,2 -77,4	77,5	1,27
Tarirate d'éthyle	liq.	$CH^3-(CH^2)^{10}-C\equiv C-(CH^2)^4-CO^2C^2H^5$	66,7 -66,42	77,0 -76,8	77,9	2,91
Taririne	50,5	$C^3H^5(C^{18}H^{31}O^2)^3$	72,3 -73,1	77,2 -77,5	77,9	1,26×3
Ac. tarélaïdique	54	$CH^3-(CH^2)^{10}-CH=CH-(CH^2)^4-CO^2H$	72,27-71,55	75,9 -76,0	76,6	1,10
Ac. taroléique	28-30	»	70,43 (1)	75,7-76-75,08-74,8	76,6	1,45
Ac. cétotaririque	75	$CH^3-(CH^2)^{10}-CO-CH^2-(CH^2)^4-CO^2H$	68,6 (2)	71,6 (3)	72,5	0,97
Ac. dioxytaririque	96	$CH^2-(CH^2)^{10}-CO-CO-(CH^2)^4-CO^2H$	65,9	68,4	69,2	0,86
Ac. stéarolique I	47,5	$CH^3-(CH^2)^7-C\equiv C-(CH^2)^7-CO^2H$	71,55	77,1-76,5	77,16	1,3
» II	47	»	71,98	76,9	»	1,2
Stéarolate acide de sodium		$C^{17}H^{31}CO^2Na\,C^{17}H^{31}CO^2H$	67,93	73,8-74,2	74,2	1,5 ×2
Stéarolate de méthyle	liq.	$CH^3-(CH^2)^7-C\equiv C-(CH^2)^7-CO^2CH^3$	72,5-72,1	76,8-77,1-76,8	77,5	1,27
Stéarolate d'éthyle	liq.	$CH^3-(CH^2)^7-C\equiv C-(CH^2)^7-CO^2C^2H^5$	65,1-65,3-65	77,5-77,3	77,9	3,27
Ac. élaïdique	44	$CH^3-(CH^2)^7-CH=CH-(CH^2)^7-CO^2H$	71,3-71,8	76,7-76,3-76,8	77,6	1,19
Élaïdate acide de potassium		$C^{17}H^{33}CO^2K.C^{17}H^{33}CO^2H$	67,85	71,5-71,9	71,76	0,98×2
Elaïdine	44,5	$C^2H^5(C^{18}H^{33}O^2)^3$	71,3 (4)	75,5-75,9	77,4	1,5 ×3
Ac. oléique	14	$CH^3-(CH^2)^7-CH=CH-(CH^2)^7-CO^2H$	71,1-70,9	76,4-76,3	76,6	1,32
Oléate de baryum I		$(C^{18}H^{33}O^2)^2Ba$	55-55,7	61,5-61,4	61,8	
» II		»	58,54 (5)	62,1-61,6-61,9-62,1	»	0,94×2
Ac. cétostéarique	69,5	$CH^3-(CH^2)^7-CO-CH^2-(CH^2)^7CO^2H$	69,1-68,6	71,7-71,5-71,7	72,5	0,90
Ac. dioxystéarique	130	$CH^3-(CH^2)^7-CO-CO-(CH^2)^7-CO^2H$	63,6 (6)	68,7-68,4	69,2	1,45
Ac. béhénolique	58	$CH^3-(CH^2)^7-C\equiv C-(CH^2)^{11}-CO^2H$	72,6 (7)	78,2-78,3-77,9-78,3	78,6	1,68

(1) Moyenne de 8 expériences comprises entre 69,55 et 71,1.
(2) » 5 » 68,2 et 68,9.
(3) » 5 » 71,5 et 71,8.
(4) » 5 » 71,1 et 71,7.
(5) Moyenne de 5 expériences comprises entre 58,2 et 58,7.
(6) » 4 » 63,4 et 63,9.
(7) » 5 » 72,2 et 72,7.

montre le tableau pour les éthers éthyliques (stéarique, taririque et stéarolique) qui renferment deux chaînes linéaires distinctes.

III. La comparaison que nous avions en vue n'a pas donné de conclusions définitives : pour les *substances présentant des garanties suffisantes de pureté*, il n'y a pas d'écarts suffisants et systématiques entre les valeurs de Δ. Entre deux acides stéréoisomères comme les acides oléique et élaïdique, les valeurs de Δ (1,32 et 1,19) montrent le même écart qu'entre les acides de structure différente comme les acides taririque et stéarolique (1,19 et 1,30), tarélaïdique et élaïdique (1,10 et 1,19). La pureté joue un rôle décisif comme le peuvent montrer quelques exemples.

1° Les échantillons I, II et III d'acide stéarique étaient purs et fondaient à 69° : ils provenaient respectivement de l'hydrogénation des acides stéarolique, taririque et iodotaririque effectuée par M. Arnaud. L'échantillon IV moins pur provenait probablement de la stéarine et fondait à 67-68°. Les valeurs de Δ sont concordantes pour les trois premiers; pour le quatrième la valeur de Δ s'écarte beaucoup.

2° Trois échantillons d'oléate de baryum ont été examinés : l'un (I) provenait de la collection du laboratoire, le second (II) a été préparé soigneusement à partir de l'huile d'olive et analysé immédiatement; un troisième avait été préparé à partir d'un acide commercial et était impur. Le tableau montre que pour le premier échantillon la valeur de Δ serait double de celle que fournit le produit pur.

3° L'acide taroléique examiné provenait de la collection du laboratoire. D'après l'étiquette, de la main de M. Arnaud, cet acide avait été extrait des graines de persil et devait donc être identique à l'acide pétrosélinique de Vongerichten et Kohler. Il fondait à 28-30° et se solidifiait à 17°. Les chiffres fournis par l'oxydation argentochromique, contrôlés par l'analyse organique habituelle, donnent de sa pureté une opinion passable mais encore insuffisante pour avoir confiance dans l'exactitude de la valeur de Δ qu'il fournit 1,45 qui s'écarterait notablement de son stéréoisomère tarélaïdique 1,10.

La même indécision s'impose pour le cas des acides dioxytaririque et dioxystéarique (0,86 et 1,45).

En résumé : la méthode d'oxydation argentosulfochromique s'applique aux corps examinés, le déficit d'oxydation chromique est compris dans des limites acceptables, mais on ne peut tirer, au moins pour ce groupe de substances riches en carbone et difficiles à obtenir très pures, de conclusions décisives en ce qui concerne les rapports de la structure et de l'oxydation chromique comparée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les méthylalcoylglycérines*. Note de MM. **Raymond Delaby** et **Georges Morel**, présentée par M. A. Béhal.

Les méthylalcoylglycérines $CH^3.(CHOH)^3.R$ ont été entrevues en 1908 par J. Reif [1] dans l'oxydation permanganique des propénylalcoylcarbinols $CH^3 - CH = CH - CHOH - R$. L'un de nous [2] ayant établi en 1922 une méthode commode de préparation des monoalcoylglycérines $CH^2OH.(CHOH)^2.R$, nous avons cherché à déterminer si ce procédé présentait les mêmes avantages dans le cas présent. Nous avons également appliqué à cette synthèse les principes d'une autre méthode qui a donné de bons résultats à MM. Pastureau et Bernard [3] dans l'obtention de la tétraméthylglycérine $(CH^3)^2.COH.CHOH.COH.(CH^3)^2$. La comparaison de ces différents procédés fait l'objet de cette Note.

La matière première dans tous les cas est l'aldéhyde crotonique ; la condensation avec les organomagnésiens mixtes conduit aux propénylalcoylcarbinols. Les termes dans lesquels l'alcoyle est CH^3, C^2H^5 et C^3H^7 sont connus [4]. La réaction se fait plus avantageusement (60 à 75 pour 100 du rendement théorique) si l'on prend la peine de doser l'organomagnésien et si l'on ne condense que la proportion d'aldéhyde correspondant à la quantité de magnésien réellement formé : les produits de queue sont alors très peu abondants. Ces alcools sont donc plus accessibles que les vinylalcoylcarbinols préparés de la même manière à partir de l'acroléine.

I. *Oxydation permanganique*. — La répétition des expériences de Reif nous a permis de fixer respectivement à 16 et 20 pour 100 les rendements en diméthyl- et méthyléthylglycérine obtenus par cette méthode qui oblige l'élimination désagréable d'une grande quantité d'eau; et l'on n'a guère récupéré d'alcool en quantité appréciable.

II. *Méthode à la chlorhydrine*. — Nous avons essayé de fixer l'acide hypochloreux sur la double liaison des propénylalcoylcarbinols dans les conditions indiquées par MM. Pastureau et Bernard, puis à saponifier la chlorhydrine formée par le carbonate de potassium en solution aqueuse à l'ébullition pour extraire finalement la glycérine par l'alcool absolu du produit

---

(1) J. Reif, *Ber.*, 41, 1908, p. 2741.

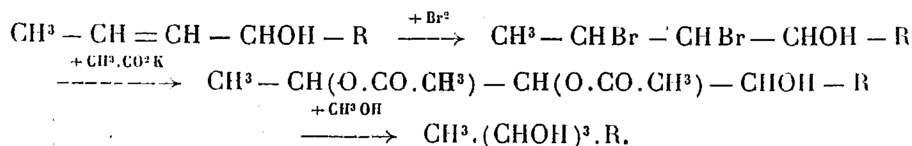
(2) R. Delaby, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1152.

(3) Pastureau et H. Bernard, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1400.

(4) J. Reif, *loc. cit.*

de l'évaporation à sec. La méthyléthylglycérine a été ainsi obtenue à raison de 12 pour 100 de la proportion théorique.

III. *Méthode à la dibromhydrine.* — Les résultats ont été plus satisfaisants en suivant point par point les transformations indiquées à partir des vinylalcoylcarbinols dans la synthèse des monoalcoylglycérines α. Ces opérations sont résumées dans le schéma suivant :



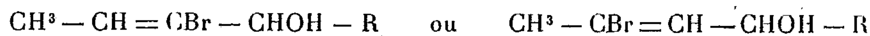
$$CH^3-CH=CH-CHOH-R \xrightarrow{+Br^2} CH^3-CHBr-CHBr-CHOH-R$$
$$\xrightarrow{+CH^3.CO^2K} CH^3-CH(O.CO.CH^3)-CH(O.CO.CH^3)-CHOH-R$$
$$\xrightarrow{+CH^3OH} CH^3.(CHOH)^3.R.$$

Dans l'alcoolyse finale, on n'obtient pas d'emblée l'espèce pure : on sait qu'il faut saponifier par la chaux employée en quantité théorique les dernières traces d'acétines que renferme le produit.

Nous avons ainsi préparé :

		Éb.	Rendements pour 100 à partir des alcools.
Diméthylglycérine (1)...	$CH^3(CHOH)^3CH^3$	152°-153° /19mm	42
Méthyléthylglycérine (1).	$CH^3(CHOH)^3C^2H^5$	155°-156°,5/20mm	38
Méthylpropylglycérine.	$CH^3(CHOH)^3C^3H^7$	162°-164° /25mm	31

Ces glycérines homologues se préparent donc avec des rendements inférieurs à ceux obtenus pour les monoalcoylglycérines α isomères (60 pour 100 du rendement théorique pour l'éthylglycérine). La perte est due à la formation en quantité appréciable, dans l'acétination, d'un composé éthylénique monobromé



$$CH^3-CH=CBr-CHOH-R \quad \text{ou} \quad CH^3-CBr=CH-CHOH-R$$

(ou leur mélange) : l'acétate de potassium enlève en effet en partie à la dibromhydrine les éléments de l'acide bromhydrique; on a d'ailleurs pu fixer Br^2 sur le composé monobromé et isoler le dérivé tribromé correspondant. Observons que cette perte est compensée par une facilité plus grande d'obtention des propénylalcoylcarbinols, de sorte qu'à partir de l'acroléine et de l'aldéhyde crotonique les monoalcoylglycérines et les méthylalcoylglycérines sont également accessibles maintenant.

En résumé, le procédé de préparation des méthylalcoylglycérines par l'intermédiaire de la dibromhydrine est le procédé de choix malgré le

(1) Ces deux triols placés dans le vide sulfurique cristallisent.

nombre de transformations successives qu'il comporte. Cette voie ne pourra plus être suivie si l'on veut obtenir les éthylalcoylglycérines par exemple, car on ne connaît jusqu'ici qu'un mode de formation (¹) de la matière première : la β-éthylacroléine.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le centre et l'est de la France.* Note de M. **Albert Baldit**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. Les mesures actuelles, suite de nos déterminations de 1921-1922 (²) et de 1923 (³), ont été effectuées pendant les mois de juillet et d'août 1924; elles intéressent trois départements, Ain, Jura, Saône-et-Loire, et 40 stations dont 8 avaient déjà été visitées par Moureaux; 32 sont nouvelles. Toutes les mesures ont été doublées, sauf 5 mesures d'inclinaison.

Le tableau suivant donne les valeurs des éléments ramenés au 1er janvier 1922. Les noms des stations nouvelles figurent en italiques.

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
	Département de l'Ain.			
	° ′	° ′		
Coligny	10.28,0	62.16,9	0,21006	presque calme
Ferney-Voltaire	10.09,3	62.10,4	0,21090	presque calme
Gex	10.05,7	62.13,2	0,21042	un peu agitée
Marsonnas	10.36,5	62.16,4	0,20995	presque calme
Oyonnax	10.18,0	62.13,1	0,21087	un peu agitée
Pont-d'Ain	10.28,1	62.04,4	0,21140	presque calme
Villars	10.35,6	61.59,7	0,21139	calme
Vonnas	10.37,6	62.10,1	0,21055	un peu agitée
	Département du Jura.			
Arbois	10.21,2	62.39,4	0,20798	un peu agitée
Champagnole	10.19,7	62.31,6	0,20868	calme
Chaumergy	〃	62.42,7	0,20760	un peu agitée
Chaussin	10.28,8	62.50,3	0,20708	presque calme
Clairvaux	10.18,6	62.28,0	0,20943	presque calme
Dampierre	10.19,9	63.00,3	0,20638	presque calme
Dôle	10.25,3	62.58,1	0,20633	un peu agitée
Moirans	10.20,9	62.20,1	0,21010	presque calme
Montmirey	10.24,4	63.05,0	0,20558	calme
Morez	10.10,9	62.24,0	0,20952	presque calme
Orgelet	10.19,5	62.22,4	0,20951	presque calme
Poligny	10.22,7	62.40,0	0,20802	presque calme
Saint-Amour	10.31,2	62.20,2	0,20975	presque calme
Saint-Claude	10.13,2	62.16,9	0,21016	presque calme
Salins	10.19,3	62.44,9	0,20777	presque calme

(¹) R. Delaby, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1898.

(²) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 827.

(³) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1568.

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
	Département de Saone-et-Loire.			
Autun	10°58',7	62°54',5	0,20682	calme
Blanzy	10.55,8	62.41,9	0,20769	presque calme
Bourbon-Lancy	11.32,9	62.37,2	0,20841	presque calme
Chagny	10.45,5	62.48,7	0,20711	calme
Charolles	10.47,6	62.31,2	0,20887	presque calme
Cluny	10.48,1	62.25,0	0,20921	calme
Le Creusot	10.56,2	62.46,8	0,20705	calme
Épinac-les-Mines	10.54,1	62.57,7	0,20646	calme
Louhans	10.30,8	62.34,3	0,20834	presque calme
Mâcon	10.38,8	62.18,4	0,20980	calme
Marcigny	11.05,2	62.25,1	0,20911	un peu agitée
Montchanin	10.54,2	62.42,6	0,20753	calme
Paray-le-Monial	11.07,5	62.29,4	0,20886	presque calme
Pierre	10.31,3	62.47,5	0,20730	un peu agitée
Toulon-sur-Arroux	11.00,5	62.42,3	0,20726	calme
Tournus	10.43,4	62.32,1	0,20862	calme
Verdun-sur-Doubs	10.41,7	62.48,3	0,20734	calme

2. La comparaison de nos mesures avec celles du réseau de Moureaux, pour les stations communes, donne les valeurs suivantes de la variation séculaire des éléments entre le 1er janvier 1896 et le 1er janvier 1922 :

Déclinaison (7 stations communes)	−3°02',6
Inclinaison (7 stations communes)	−0°33',6
Composante horizontale (8 stations communes)	+0,00160

Rapprochés des résultats que nous avons obtenus en 1923 dans le sud de la France (Gard, Hérault), ces valeurs montrent que les variations séculaires de I et de H, qui croissent à mesure que la latitude diminue, ne sont pas des fonctions simples des différences de latitude, mais augmentent plus vite que ne décroît la latitude.

Le résultat est particulièrement net pour l'inclinaison.

	Latitude.	Variation séculaire de I.
Val-Joyeux	48°49'	−0°32'
Ain, Saône-et-Loire	46°	−0°35'
Gard, Hérault	44°	−0°46'

A différences de latitude égales, l'augmentation de la variation séculaire de I est beaucoup plus considérable dans le Sud que dans le Centre et l'Est,

et la transition apparaît comme relativement brusque entre les deux groupes de valeurs.

3. Le tracé des lignes d'égale déclinaison revêt une allure assez compliquée dans la région comprise entre Mâcon et Bourbon-Lancy. Moureaux avait déjà signalé une anomalie de D à Charolles et une déviation des isogones à Mâcon. Nos observations de 1924 précisent ces particularités et permettent de les suivre jusqu'à Bourbon-Lancy où apparaît une assez forte anomalie de D. Cette station, limite de nos mesures de 1924 vers l'Ouest et le Nord-Ouest, est peu éloigné de l'anomalie du Bassin Parisien, et les perturbations signalées ici semblent s'y rattacher. Toutefois une densité de stations plus grande que celle dont nous disposons est nécessaire pour élucider ce point en donnant un tracé détaillé des isogones dans cette région assez tourmentée.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur les zones de silence par réflexion sur des surfaces de discontinuité atmosphériques.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Brillouin.

Une discontinuité atmosphérique, c'est-à-dire une surface de séparation entre deux couches fluides différant par leur état physique ou leur vitesse relative, ou les deux simultanément, engendre vis-à-vis des ébranlements acoustiques une *réfraction* et une *réflexion* du son [1].

Si a est une vitesse propre du son dans le premier milieu, a' le même élément dans le second milieu, v la vitesse de translation de celui-ci par rapport au premier, φ l'angle de cette vitesse avec le plan d'incidence d'une onde se propageant du premier milieu vers le second, θ l'angle d'incidence, il y a *réfraction totale* par suite *réflexion* nulle, lorsqu'on a la relation

$$a^4\cos^2\theta + a'^4\sin^2\theta - a'^2(a + v\cos\varphi\sin\theta)^2 = 0. \tag{1}$$

Il y a au contraire *réflexion totale* si l'on a

$$a'^2\sin^2\theta - (a + v\cos\varphi\sin\theta)^2 > 0. \tag{2}$$

L'effet d'une vitesse relative v est considérable et engendre, au même titre que les différences entre a et a', des réfractions et des réflexions. On

(1) E. Esclangon. *Sur la réflexion et la réfraction des ondes à la surface de séparation de deux fluides en repos et en mouvement* (*Comptes rendus*, 164, 1917, p. 99 et 175).

explique aisément ainsi que, dans un train en marche, les sons *venant de l'arrière* pénètrent mal par les portières ouvertes en raison de la réflexion totale qu'ils subissent à la surface de séparation entre l'air extérieur et l'air entraîné intérieur et de ce fait soient peu perceptibles. De la même manière, on comprend pourquoi, même à courte distance où il ne saurait être question d'effet de courbure des rayons sonores, le *vent porte le son* alors qu'*un vent contraire l'arrête.* Lorsque le son vient contre le vent, il subit une réflexion, sinon totale, du moins très importante sur les couches fluides immobiles contenues dans le pavillon de l'oreille et le conduit auditif.

Imaginons maintenant une discontinuité atmosphérique horizontale à l'altitude h (comme pourrait l'être celle qui délimite inférieurement la couche *d'inversion thermique* vers 15^{km} d'altitude), la couche supérieure présentant une vitesse de translation égale à v, la vitesse propre du son y étant a', tandis qu'elle est a dans la couche inférieure. Un rayon sonore parti d'un centre d'ébranlement O sur le sol, dans un azimut φ et sous un angle zénithal θ subira une réflexion nulle ou une réflexion totale suivant qu'il satisfait à l'une ou l'autre des conditions (1) ou (2). Après réflexion, le rayon viendra de nouveau frapper le sol à une distance $2h \operatorname{tang}\theta$ du centre d'ébranlement O.

Faisons abstraction de la propagation directe, plus ou moins rapidement éteinte, pour ne considérer que les rayons parvenant au sol après réflexion sur la surface de discontinuité.

On pourra appeler *ligne centrale de silence ou de réflexion nulle* celle qui correspond aux rayons satisfaisant à la condition (1). Aucun ébranlement ne parviendra par réflexion sur cette ligne. Au contraire, on appellera *zone de réflexion totale* celle qui se rapporte aux rayons satisfaisant à l'inégalité (2). Les sons parviendront intégralement dans cette zone, à l'absorption près et sous réserve de déformations de structure physique (inversion de l'onde, onde anomale).

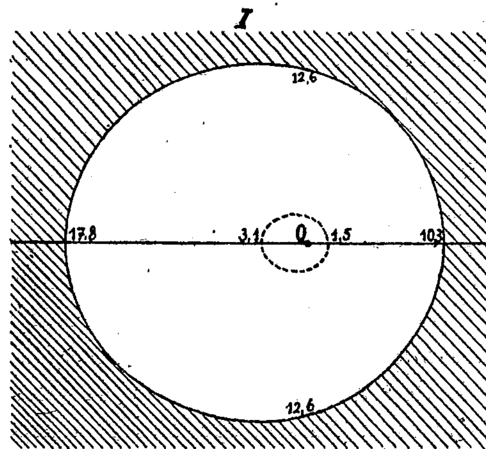
L'effet d'une vitesse de translation v de la couche supérieure est, dans tous les cas, une dissymétrie; mais il est très différent suivant que v est inférieur ou supérieur à la différence des vitesses du son dans les deux milieux. Si $v < a' - a$, on a la disposition indiquée par la figure I où, à titre d'exemple, on a choisi

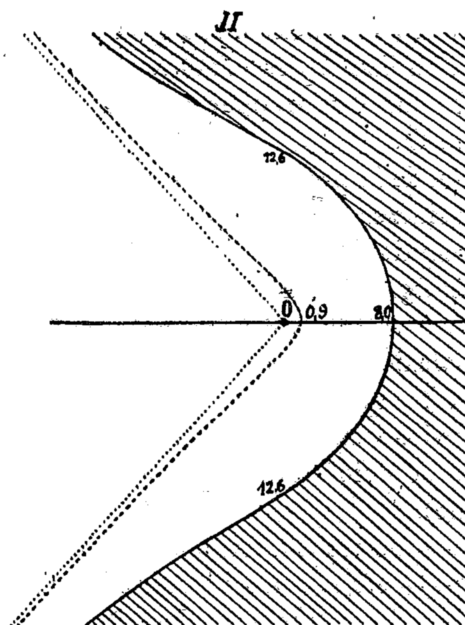
$$a = 320^{m}, \quad a' = 324^{m}, \quad v = 2^{m}.$$

Les courbes restent fermées. Si au contraire $v > a' - a$, on a la disposition de la figure II, correspondant à

$$a = 320^{m}, \quad a' = 324^{m}, \quad v = 6^{m}.$$

Les courbes limites sont ouvertes. Les chiffres portés sur la figure repré-





----- *Ligne centrale de silence ou de reflexion nulle*

////// *Zone de reflexion totale*

I $a = 320^m$, $a' = 324^m$, $v = 2^m$.

II $a = 320^m$, $a' = 324^m$, $v = 6^m$.

sentent les distances au centre d'ébranlement O, l'unité étant l'altitude h de la surface de discontinuité. En ce qui concerne la couche d'inversion

thermique, on voit qu'il suffirait d'une faible vitesse v pour produire l'ouverture des courbes limites ($v > a' - a$), c'est-à-dire une dissymétrie considérable par rapport au centre d'ébranlement, dans les zones d'égale audition.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la propagation des ondes sonores dans le sol.* Note de MM. **Barré** et **Schnell**, présentée par M. d'Ocagne.

Au cours des expériences de Géophysique qui eurent lieu en mai 1924, des recherches furent poursuivies concernant la solution du problème suivant :

1° Déterminer jusqu'à quelle distance pouvaient être entendues les explosions transmises par le sol.

2° Si possible, déterminer les vitesses de transmission.

Les appareils employés étaient le chronographe et les géophones du Génie. Des essais préliminaires dirigés par les auteurs de cette Note permirent de déterminer la précision à espérer.

Les mesures devaient se faire par la méthode différentielle en évaluant le temps qui s'écoule entre l'arrivée du son par le sol et l'arrivée du son par l'air. Ce procédé était, dans la plupart des cas, le seul applicable, les observateurs ne pouvant voir l'explosion. Il présentait en outre l'avantage de diminuer l'influence de l'équation personnelle.

Les expériences préliminaires conduisirent à admettre qu'on pouvait compter sur une précision de $0^s,1$ dans la mesure de ce temps. La discussion des résultats eux-mêmes a paru confirmer ce point de vue.

Une donnée nécessaire était la connaissance de la valeur de la vitesse du son dans l'air, compte tenu de la région perturbée au voisinage de l'explosion.

Il résulte de travaux de M. Burlot que, pour les fourneaux de cinq tonnes, la durée de transmission par l'air peut être obtenue comme il suit : au delà de 200^m, vitesse ordinaire du son ; sur un parcours de 200^m, vitesse supérieure, au sujet de laquelle seules des limites purent être données. La limite inférieure est 415^m et la limite supérieure 1550^m.

L'explosion du 15 mai ne donna aucun résultat ; les postes avaient été placés trop loin. A la suite de cet insuccès ils furent tous concentrés dans un rayon inférieur à 4^{km}, autour du lieu de l'explosion. On fit même, le 26 mai, une expérience à 500^m de celui-ci.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Audition très nette à des distances de 2800^m et de 3030^m, parfois moins nette à des distances inférieures. Le fourneau de 10 tonnes ne donna pas, à ce point de vue, des résultats supérieurs à ceux obtenus par les fourneaux de 5 tonnes.

2° En ce qui concerne les vitesses, sept groupes de mesures purent être pris : tous donnèrent des résultats utiles. Quatre seulement permirent néanmoins d'obtenir la vitesse de propagation dans le sol. On trouva ainsi que :

a. La limite supérieure de la vitesse moyenne du son dans la région troublée de l'atmosphère est de l'ordre de 600^m ; ce résultat permet de resserrer les limites données par M. Burlot.

b. Les vitesses dans le sol se répartissent en deux groupes :

2000^m (approximation $\pm 600^m$)
8500^m (approximation $\pm 700^m$)

Ces chiffres donnent lieu aux remarques suivantes : les vitesses de 8500^m ont été obtenues par des observateurs installés sur granit, fourneau enterré et au contact de la roche, tandis que dans les expériences ayant donné les vitesses de 2000^m, l'opérateur ou le fourneau était placé sur le sable détritique.

A un autre point de vue, on remarquera que les vitesses de 2000^m se raccordent assez bien, eu égard aux approximations à admettre, avec les vitesses des ondes L signalées par MM. Maurain, Éblé, Labrouste, Mouronval et Escher-Desrivières dans leur compte rendu du 30 juin 1924.

Des vitesses de 8500^m ne paraissent pas avoir été rencontrées par ces auteurs. Mais, parmi les ondes P qu'ils signalent, ils ont rencontré une onde ayant une vitesse de propagation de 7220^m dont ils considèrent la valeur comme aberrante. Ils signalent d'ailleurs, en fin de Note, la vitesse de 7000^m comme déjà indiquée pour les ondes P par utilisation d'une extrapolation. Si l'on se reporte à ce fait qu'ils ont eux-mêmes rencontré une valeur de 7220^m on peut penser qu'il n'est pas exagéré de dire que l'onde de vitesse égale à 8500^m ($\pm$ 700) que nous signalons ici se raccorde assez bien avec les ondes P, compte tenu des erreurs admissibles.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Lythracées. Développement de l'embryon chez le* Lythrum Salicaria *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Le *Lythrum Salicaria*, au point de vue de l'embryogenèse, se range à côté des espèces chez lesquelles les lois du développement sont particulièrement nettes, très simples et aussi constantes que possible.

A la segmentation transversale de l'oospore (*fig.* 1, 2) succèdent la division longitudinale de la cellule apicale (*fig.* 3) et, peu après, le cloisonnement horizontal (*fig.* 4) de la cellule basale du proembryon bicellulaire. Les deux cellules supérieures juxtaposées de la tétrade ainsi constituée, par de nouvelles cloisons méridiennes, donnent naissance à quatre quadrants disposés dans un plan horizontal (*fig.* 5, 6, 7); ceux-ci, se segmentant transversalement, engendrent quatre octants supérieurs qui représentent

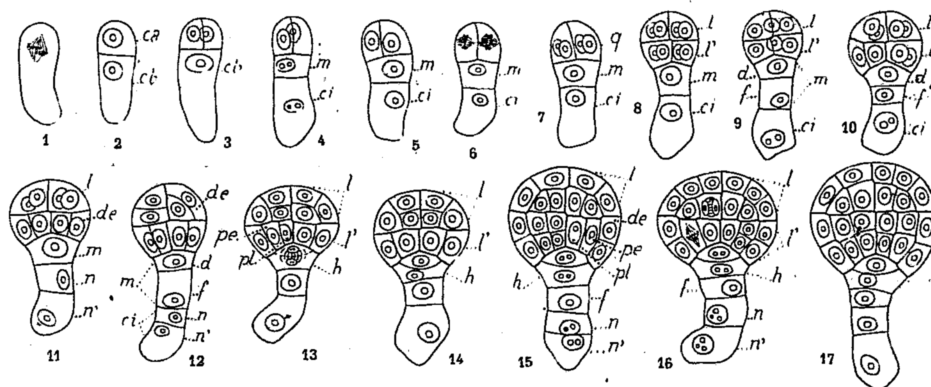


Fig. 1 à 17. — *Lythrum Salicaria* L. — Les premiers stades du développement de l'embryon jusqu'au moment de la différenciation de l'hypophyse et des histogènes. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs; *l'*, octants inférieurs; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *h*, hypophyse; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome. G. = 375.

la partie cotylée et quatre octants inférieurs qui correspondent à l'hypocotyle. La marche des segmentations dans les octants est comparable à celle qui a été décrite au sujet des Crucifères [1]; la séparation des histogènes s'y produit de manière analogue. On remarquera toutefois que dans l'octant supérieur la première cloison peut se disposer, soit tangentiellement (*fig.* 12, à droite), soit horizontalement (*fig.* 12, à gauche), soit verticalement (*fig.* 13, à gauche, *fig.* 14).

(1) R. Souèges, *Nouvelles recherches sur le développement de l'embryon chez les Crucifères* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 9e série, 19, 1914, p. 311). Voir aussi : *Les premières divisions de l'œuf et les différenciations du suspenseur chez le* Capsella Bursa-pastoris *Mœnch* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 1, 1919, p. 1).

Les deux éléments inférieurs superposés de la tétrade se divisent transversalement. En règle générale, la cellule intermédiaire, *m*, se cloisonne avant la cellule inférieure, *ci* (*fig.* 9, 10, 12); dans certains cas, par exemple en 11, cette dernière cellule se segmente avant sa sœur. C'est la cellule-fille supérieure, *d*, issue de *m* (*fig.* 12, 15) qui se convertit en une hypophyse, semblable à celle que l'on observe chez le *Capsella Bursa-pastoris*, par son mode de différenciation, ses processus ultérieurs de division et ses fonctions. La cellule-fille inférieure, *f*, et les deux éléments, *n* et *n'*, issus de *ci*, engendrent un suspenseur dont les dimensions restent très réduites.

L'embryon du *Lythrum Salicaria* rappelle dans ses traits essentiels celui de l'*Œnothera biennis* [1]. Les parois de segmentation se succèdent selon des règles identiques et les éléments proembryonnaires possèdent des destinées comparables. Chez le *Lythrum Salicaria*, comme chez l'*Œnothera biennis*, on observe des formes tri-, hexa- et dodécacellulaires tout à fait semblables, résultant d'un retard très caractéristique des divisions dans les éléments dérivés de la cellule inférieure du proembryon bicellulaire. Une seule différence pourrait séparer les deux espèces : elle réside dans l'origine de l'hypophyse, qui, chez l'*Œnothera biennis*, est engendrée par l'élément, *m*, de la tétrade, tandis que, chez le *Lythrum Salicaria*, cette partie du proembryon tire, en règle très générale, son origine de la cellule-fille supérieure de ce même élément. Le rôle joué par la cellule *m* a déjà permis de rapprocher l'embryon de l'*Œnothera biennis* de celui du *Myosurus minimus*; on trouve également chez les Renonculacées (*Clematis*) des espèces chez lesquelles la cellule *m* est remplacée dans ses fonctions par sa cellule-fille supérieure, *d*. Chez le *Mentha viridis* [2], comme chez les *Clematis* et le *Lythrum Salicaria*, l'hypophyse tire encore son origine de la cellule-fille supérieure de *m*. Comme la remarque en a déjà été faite, au sujet du *Plantago lanceolata* [3], ces différences, utiles pour donner une idée de l'étendue des modifications que peuvent subir les lois du développement dans une série de formes embryonnaires très étroitement comparables, ne sont pas absolues et n'offrent, par conséquent, qu'une importance de second ordre.

---

(1) R Souèges, *Embryogénie des Œnothéracées. Développement de l'embryon chez l'*Œnothera biennis *L.* (*Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 946).

(2) R. Souèges, *Embryogénie des Labiées. Développement de l'embryon chez le* Mentha viridis *L.* (*Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 1057).

(3) R. Souèges, *Embryogénie des Plantagacées. Développement de l'embryon chez le* Plantago lanceolata *L.* (*Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 964).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la datiscine (datiscoside), glucoside du* Datisca cannabina *L. et sur ses produits de dédoublement.* Note de M. C. CHARAUX, présentée par M. L. Guignard.

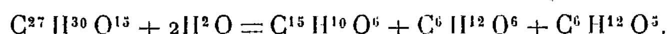
La datiscine (ou datiscoside) est un glucoside qui a été isolé pour la première fois par Braconnot, en 1816, des feuilles de *Datisca cannabina* L., plante vivace, cultivée autrefois en France pour la teinture en jaune. Elle fut étudiée ensuite, en 1856, par Stenhouse qui la retira des racines de la même plante. C'est Stenhouse qui reconnut sa nature glucosidique et obtint son produit de dédoublement la *datiscétine*, auquel il donna la formule $C^{15}H^{10}O^{6}$ qui est exacte. Il prit le sucre réducteur formé pour du glucose.

En 1893, Schunck et Marchlewski indiquèrent que la datiscine se dédouble par les acides en datiscétine et en rhamnose. Ils attribuent à la datiscétine la formule $C^{15}H^{12}O^{6}$ et en font l'*éther méthylique d'une tétraoxyxanthone*, fondant à + 237°.

En 1907, Korczinsky et Marchlewski ont repris l'étude de la datiscine des racines du *Datisca cannabina* L.; ils en ont retiré un glucoside tout à fait différent de la datiscine étudiée par Schunck et Marchlewski, puisqu'il donne à l'hydrolyse du glucose et une datiscétine $C^{15}H^{10}O^{6}$ fondant à + 268-269°, ne renfermant pas de méthoxyle, dérivée d'une flavone.

La formule de la datiscétine fut confirmée par Leskiewick et Marchlewski en 1914, et par Bergellini et Peratoner qui en firent la synthèse en 1919.

Il résulte de mes recherches que les racines du *Datisca cannabina* L. renferment, en abondance, un glucoside donnant par dédoublement par les acides une molécule de datiscétine, une molécule de glucose et une molécule de rhamnose, d'après l'équation :



$$C^{27}H^{30}O^{15} + 2H^{2}O = C^{15}H^{10}O^{6} + C^{6}H^{12}O^{6} + C^{6}H^{12}O^{5}.$$

La plante qui a servi à l'extraction du glucoside a été cultivée et récoltée à Jouet-sur-l'Aubois (Cher). Elle a fourni, pour 100g de racines sèches, récoltées après la chute des feuilles, 10g,50 de datiscine brute et, pour 100g de feuilles sèches, récoltées au moment de la floraison, 6g de datiscine brute.

Les cristaux obtenus ont été purifiés par cristallisation dans l'eau bouillante, puis dans l'alcool à 90°, puis, de nouveau, dans l'eau bouillante.

La datiscine pure fond à $+192\text{-}193°$ (corr.). Elle renferme 10,80 pour 100 d'eau. Elle est lévogyre en solution alcoolique $\alpha_D = -48°,59$ ($p = 0,1852$; $v = 20$; $l = 2$; $\alpha = -0°,90$) pour le produit anhydre.

Hydrolysée par l'acide sulfurique à 5 pour 100, au bain-marie bouillant, elle fournit 47,98 pour 100 de datiscétine anhydre et 55,60 pour 100 de sucre réducteur exprimé en glucose (Théorie : 48,14 pour 100 et 60,67 pour 100).

Dans une hydrolyse effectuée sur 3^g de datiscine, le glucose et le rhamnose ont été obtenus à l'état cristallisé. Après élimination de la datiscétine par filtration et neutralisation de l'acide sulfurique par le carbonate de calcium, le liquide a été concentré en sirop épais : le rhamnose a cristallisé. On en a obtenu $0^g,26$. Il présentait un pouvoir rotatoire stable de $\alpha_D = +8°,33$ ($p = 0,24$; $v = 2$; $l = 20$; $\alpha = +0°,20$); il fondait à $+90\text{-}93°$ et dégageait une forte odeur de méthylfurfurol quand on le chauffait avec de l'acide sulfurique au demi.

Les eaux mères de cristallisation du rhamnose ont été reprises par l'alcool absolu bouillant. Le glucose a cristallisé. On en a obtenu $0^g,36$ qu'on a purifié par cristallisation dans l'alcool absolu. Son pouvoir rotatoire stable a été trouvé de $\alpha_D = +51°,14$ ($p = 0,1717$; $v = 20$; $l = 2$; $\alpha = +0°,87$)

La datiscine est hydrolysée par le ferment des graines de *Rhamnus* que j'ai déjà utilisé pour hydrolyser la rutine (rutoside) en quercétine et en un rhamnoglucose nouveau que j'ai nommé rutinose (¹).

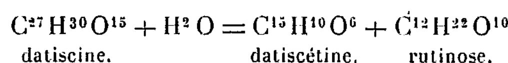
J'ai obtenu, dans l'hydrolyse de la datiscine, le même rhamnoglucose que dans l'hydrolyse de la rutine, le rutinose. Il forme, comme le sucre extrait de la rutine, une poudre blanche très hygroscopique; il possède le même point de fusion, le même pouvoir réducteur, le même pouvoir rotatoire, faiblement dextrogyre au début et très faiblement lévogyre à l'équilibre. $[\alpha_D] = +3°,24$ ($p = 0,4108$; $v = 10$; $l = 2$; $\alpha = +16'$) et $[\alpha_D] = -0°,81$ ($\alpha = -4'$). Un échantillon de rutinose de la rutine a donné $[\alpha_D] = +3°$ et $[\alpha_D] = -0°,33$. Le poids moléculaire du rutinose de la datiscine a été déterminé par la méthode de M. Bougault à l'iode et au carbonate de sodium. On a trouvé : PM = 338 (Théorie : 346).

En résumé, la datiscine a pour formule $C^{27}H^{30}O^{15}$. Elle cristallise avec 4 molécules d'eau. Elle fond à $+192\text{-}193°$. Elle est lévogyre, $[\alpha_D] = 48°,59$. Par dédoublement au moyen des acides, elle fournit une molécule de datis-

(¹) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 6, 1925, p. 631.

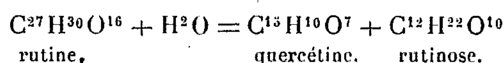
cétine, fondant à + 272-273°, une molécule de glucose et une molécule de rhamnose. Les deux sucres ont été obtenus à l'état cristallisé.

Par dédoublement fermentaire, elle donne une molécule de datiscétine et une molécule de rhamnoglucose identique au rutinose de la rutine, d'après l'équation :



$$\underset{\text{datiscine.}}{C^{27}H^{30}O^{15}} + H^2O = \underset{\text{datiscétine.}}{C^{15}H^{10}O^6} + \underset{\text{rutinose.}}{C^{12}H^{22}O^{10}}$$

Le dédoublement fermentaire de la datiscine est donc tout à fait comparable à celui de la rutine, les deux glucosides ne différant que par un atome d'oxygène :



$$\underset{\text{rutine.}}{C^{27}H^{30}O^{16}} + H^2O = \underset{\text{quercétine.}}{C^{15}H^{10}O^7} + \underset{\text{rutinose.}}{C^{12}H^{22}O^{10}}$$

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le primevérose, les primevérosides et la primevérosidase*. Note de M. **Marc Bridel**, présentée par M. L. Guignard.

Le primevérose est un xyloglucose réducteur qui a été obtenu à l'état cristallisé, en 1912, par M. M. Goris, Mascré et Vischniac [1]. Ces auteurs l'ont extrait des produits de l'hydrolyse fermentaire du mélange des deux glucosides de la racine fraîche de *Primula officinalis* Jacq., la primevérine et la primulavérine.

Des produits de l'hydrolyse fermentaire du gentiacauloside [2], du monotropitoside [3] et du rhamnicoside [4], j'ai extrait à l'état cristallisé, un xyloglucose réducteur que j'ai considéré comme identique au primevérose, malgré une différence importante dans le pouvoir réducteur de ces deux sucres : le xyloglucose que j'avais obtenu possède un pouvoir réducteur de 0,646 à 0,648, comparé à celui du glucose et le primevérose de 0,590, les déterminations ayant été faites par la méthode de M. G. Bertrand.

J'ai extrait de 18^{kg} de racines fraîches de *Primula officinalis* Jacq., 20^{g}

---

(1) *Glucosides et essences de Primevère* (*Bull. Sci. Pharmacol.*, **19**, 1912, p. 577 et 648).

(2) *Sur l'hydrolyse fermentaire du gentiacauloside* (*Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 780).

(3) *Sur l'hydrolyse fermentaire du monotropitoside* (monotropitine) (*Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 991).

(4) M. Bridel et C. Charaux, *Les produits de l'hydrolyse fermentaire du rhamnicoside : primevérose et rhamnicogénol* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1219).

du mélange cristallisé de primevérine et de primulavérine et j'ai préparé le primevérose par hydrolyse fermentaire de ce mélange ($\alpha_D = -62°,92$). Le primevérose et le xyloglucose retiré du gentiacauloside, du monotropitoside et du rhamnicoside sont absolument identiques. Ils possèdent les mêmes propriétés, entre autres, le même pouvoir réducteur. Ce pouvoir réducteur est celui que j'ai donné pour le xyloglucose des trois derniers glucosides. Comparé à celui du glucose, il est de 0,646 à 0,648 et non pas de 0,590 comme on peut le calculer d'une expérience de MM. Goris, Mascré et Vischniac.

On connaît donc, à l'heure actuelle, cinq glucosides cristallisés qui fournissent, par hydrolyse fermentaire, du primevérose : primevéroside (primevérine), primulavéroside (primulavérine), gentiacauloside, monotropitoside et rhamnicoside. Ces glucosides à primevérose doivent être désignés sous le nom générique de *primevérosides*, nom qui se trouve être celui du premier terme connu de cette catégorie ([1]).

Trois de ces primevérosides possèdent une constitution tout à fait voisine. Le monotropitoside donne à l'hydrolyse du salicylate de méthyle; le primevéroside et le primulavéroside sont isomères et fournissent, tous les deux, un méthoxy-salicylate de méthyle, le premier donnant l'isomère dans lequel le méthoxy est en *méta* par rapport à l'oxhydryle phénolique et le second l'isomère en *para*.

Dans les deux autres primevérosides, les produits combinés au primevérose sont tout à fait différents : le gentiacauléol du gentiacauloside est un dérivé flavonique et le rhamnicogénol du rhamnicoside un pentahydroxyméthylanthranol.

Par ces cinq primevérosides, le primevérose se trouve très largement répandu dans le règne végétal, puisqu'il existe dans six familles : Bétulacées, Primulacées, Gentianacées, Rhamnacées, Monotropées et Rosacées, appartenant aux trois grands groupes des Dicotylédones. Il doit donc jouer, chez les plantes, un rôle de solubilisant qui est à rapprocher de celui du glucose lui-même, dont il n'est, d'ailleurs, qu'une combinaison.

Les primevérosides sont hydrolysés par un ferment très répandu dans le règne végétal. Quelle que soit son origine, ce ferment agit sur tous les primevérosides.

Il est connu depuis longtemps et on lui a donné successivement les noms

---

([1]) Décision de la cinquième conférence de la Chimie pure et appliquée (Copenhague 1924).

de *bétulase* (Schneegans) (¹), de *gaulthérase* (Bourquelot) (²) et de *primevérase* (Goris et Mascré) (³). Ces trois noms ne peuvent être retenus pour une raison différente pour chacun d'eux.

Le nom de bétulase a été formé contrairement aux règles de la terminologie de Duclaux puisqu'il rappelle le nom de la plante d'où le ferment a été retiré et non pas le nom d'un produit sur lequel agit le ferment. C'est d'ailleurs pour cette raison que Bourquelot avait proposé le nom de gaulthérase formé correctement. Mais, à l'heure actuelle, le nom de gaulthérase rappelle la gaulthérine, glucoside formé par l'union d'une molécule de glucose et d'une molécule de salicylate de méthyle, qui ne doit pas être hydrolysé par le ferment des primevérosides puisqu'il ne rentre pas dans cette catégorie.

Le nom de primevérase, enfin, a été mal choisi parce qu'il doit être réservé au ferment qui dédouble le primevérose en xylose et en glucose, ferment encore inconnu à l'heure actuelle.

Le nom le meilleur pour désigner le ferment des primevérosides, celui qui ne peut pas prêter à confusion est celui de *primevérosidase* que nous proposons.

La *primevérosidase* est donc le ferment des primevérosides lévogyres, dérivés du primevérose β. Elle a été caractérisée dans de nombreuses espèces végétales. Sous l'action de la primevérosidase, les primevérosides sont hydrolysés en primevérose et en un autre produit de nature variable.

La *primevérase* est le ferment du primevérose, qui donne sous son action du xylose et du glucose. Ce ferment n'a pas encore été signalé dans le règne végétal.

(¹) *Zur Kenntniss der ungeformten Fermente. I. Betulase, ein in* Betula lenta *L. enthaltenes Ferment* (*Journ. Pharm. von Elsass-Lothr.*, 23, 1896, p. 17).

(²) *Sur la présence, dans le* Monotropa Hypopytis, *d'un glucoside de l'éther methyl-salycilique et sur le ferment soluble hydrolysant de ce glucoside* (*Journ. Pharm. Chim.*, 6ᵉ série, 3, 1896, p. 577).

(³) *Recherches chimiques et biologiques sur les Primulacées et en particulier sur la racine de* Primula officinalis *Jacq*, (*Bull. Sci. Pharmacol.*, 16, 1909, p. 695).

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur les formations cribro-vasculaires médullaires de deux Crassulacées.* Note de M. **Raymond Hamet**, transmise par M. P.-A. Dangeard.

J'ai décrit [1] la structure et fait connaître le mode de formation des cordons cribro-vasculaires surnuméraires qu'on observe dans le parenchyme médullaire de la tige florifère du *Greenovia terræ* La Perr., cordons qui avaient été signalés pour la première fois par Cornu [2] et que Douliot [3] après une étude sommaire avait rapprochés de ceux du *Phytolacca dioica* L. Je rappellerai ici que ces cordons, qui ont un bref parcours subvertical dans la moelle, se rattachent tant à leur base qu'à leur sommet à l'anneau ligneux normal dont ils ne s'écartent d'ailleurs que fort peu. Je rappellerai encore que ces cordons se composent d'une plage circulaire de phloéme entourée d'un anneau continu et régulier de deutéroxylème, lequel, dans la portion de sa périphérie qui regarde le centre de la tige, s'accompagne d'une plage subcunéiforme d'endoxyle présentant quelques éléments vasculaires.

Ces cordons, qui constituent pour la famille des Crassulacées une très remarquable anomalie, n'ont pas encore été signalés dans d'autres espèces que le *Greenovia terræ* La Perr.. Certes, je n'ignore pas que Chartier [4] a prétendu avoir retrouvé de semblables formations chez plusieurs espèces de *Cotyledon* mais cette affirmation est contredite d'une part par le fait que Chartier n'a jamais publié le mémoire qu'il avait annoncé sur ce sujet, d'autre part par le fait que mon collaborateur Dauphiné qui a étudié les *Cotyledon* [5] n'y a pas trouvé trace des dites formations.

Je crois donc intéressant de signaler que j'ai pu récemment observer des formations cribro-vasculaires anormales dans le parenchyme médullaire de la tige florifère de l'*Echeveria gibbiflora* D. C.

---

(1) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 604-606, et *Annales des Sciences naturelles, Botanique*, 9e série, **16**, 1912, p. 253-256.

(2) M. Cornu, *Comptes rendus*, **88**, 1879, p. 548-550.

(3) Douliot, *Bull. Soc. bot. France*, **33**, 1886, p. 302.

(4) H. Chartier, *Recherches sur la structure de la tige florifère de quelques Crassulacées* (*Thèse diplôme études supérieures Paris*, 1910, p. 24).

(5) A. Dauphiné, *Annales des Sciences naturelles, Botanique*, 9e série, **17**, 1913, p. 225-232.

Dans cette Crassulacée, la structure des cordons cribro-vasculaires surnuméraires est sensiblement identique à celle que j'ai décrite dans le *Greenovia terræ* La Perr.. Je me bornerai donc à faire remarquer ici que ces cordons n'ont rien de commun avec ceux qui ont été signalés dans plusieurs espèces de Bignoniacées, d'Ombellifères et de Mélastomacées; dans nos deux Crassulacées, en effet, les cordons cribro-vasculaires anormaux apparaissent en même temps que les cordons normaux et non point plus tardivement que ceux-ci. En réalité les formations médullaires du *Greenovia terræ* La Perr. et de l'*Echeveria gibbiflora* D. C. sont analogues à ce qu'on observe chez la plupart des Monocotylées où, comme on sait, les faisceaux — au lieu de former un cercle unique et de cheminer verticalement à la périphérie du cylindre central — se déplacent, dans leur parcours, vers le centre pour revenir ensuite vers la périphérie. Mais alors que dans les Monocotylées, on n'observe pas de deutéroxylème, l'existence de ce tissu dans nos deux Crassulacées vient en compliquer la structure.

Dans l'*Echeveria gibbiflora* D. C. comme dans le *Greenovia terræ* La Perr., l'assise génératrice (de même évidemment que l'anneau de deutéroxylème auquel elle donne naissance) est à la fois onduleuse et fractionnée. Elle est onduleuse en tous les points où un arc cambial fasciculaire ne se trouve pas sur le même cercle que chacun des deux arcs cambiaux latéraux mais en est cependant assez peu distant pour qu'il puisse s'unir avec eux par ses prolongements interfasciculaires. Elle est fractionnée en tous les points où un arc cambial s'écarte trop dans le sens axial de chacun des deux arcs cambiaux latéraux pour que ses prolongements interfasciculaires puissent s'unir avec les leurs; dans ce cas, d'une part les prolongements interfasciculaires des deux arcs cambiaux latéraux se réunissent en formant un arc de cercle régulier qui laisse en dedans de lui l'arc cambial du faisceau incentrique, d'autre part l'arc cambial du faisceau incentrique se prolonge à la façon d'un divergent amphivasal tout autour du phloème du dit faisceau, phloème qu'il entoure bientôt d'un anneau continu.

C'est à peu près l'analogue de la structure signalée chez plusieurs Sapindacées grimpantes avec toutefois cette différence que les arcs cambiaux qui ne peuvent, par suite de leur trop grand éloignement dans le sens axial, se réunir au cercle cambial normal, s'y trouvent à l'extérieur de ce dernier et non à l'intérieur comme dans nos deux Crassulacées.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur l'hérédité chez le Topinambour greffé.* Note (¹) de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Depuis 1895, j'étudie la même variété de Topinambour, cultivée franc de pied et greffée comparativement sur des Composées plus ou moins voisines. Dès 1898 (²), j'ai décrit et figuré les modifications produites par le greffage, principalement dans la forme, le nombre, le poids des tubercules et leur distance au collet de la plante. Quelques-uns de ces changements peuvent devenir héréditaires et constituer une amélioration intéressante du type : c'est ainsi que j'ai fixé l'*Helianthus tuberosus Mangini*, variété entrée dans le domaine cultural depuis plusieurs années.

En 1921, j'ai greffé le même Topinambour type sur le Soleil annuel; j'ai obtenu à la fois des graines et des tubercules aériens. J'ai étudié l'hérédité de ces deux sortes d'organes. A la suite du semis des graines, j'ai obtenu des plantes variées; l'une d'entre elles, l'*Helianthus tuberosus Dangeardi*, est un exemple irréfutable de l'hérédité des caractères acquis par greffe, le caractère tuberculisation aérienne étant aujourd'hui fixé à la suite de la multiplication végétative aérienne ou souterraine (³). Cette variété n'a qu'un intérêt scientifique; d'autres ont un intérêt pratique; l'une d'elles a des tubercules allongés, lisses, obtus à la base comme une racine de carotte potagère et qui sont très agréables au goût. C'est une bonne acquisition pour la culture; je l'ai désignée, à cause de la forme de son tubercule, sous le nom d'*Helianthus tuberosus dauciformis*.

La descendance des tubercules aériens était également intéressante à suivre; c'est ce que j'ai fait depuis 1922. Les exemplaires qui en sont issus ont donné des tubercules en partie agglomérés au collet, en partie situés sur des rhizomes plus ou moins longs. La forme et l'état de la surface étaient très variables; certains tubercules étaient très rugueux et irréguliers, plus que le type primitif (*fig.* 5); d'autres, presque lisses, étaient ovoïdes allongés (*fig* 6); enfin il s'en trouvait qui rappelaient la forme originelle, mais leur surface était lisse (*fig.* 7).

(¹) Séance du 27 avril 1925.

(²) Lucien Daniel, *La variation dans la greffe et l'hérédité des caractères acquis* (*Ann. des Sciences nat.*, Bot., 8ᵉ série, t. 8. 1898, p. 1).

(³) Lucien Daniel, *Hérédité d'un caractère acquis par la greffe chez le Topinambour* (*Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1449).

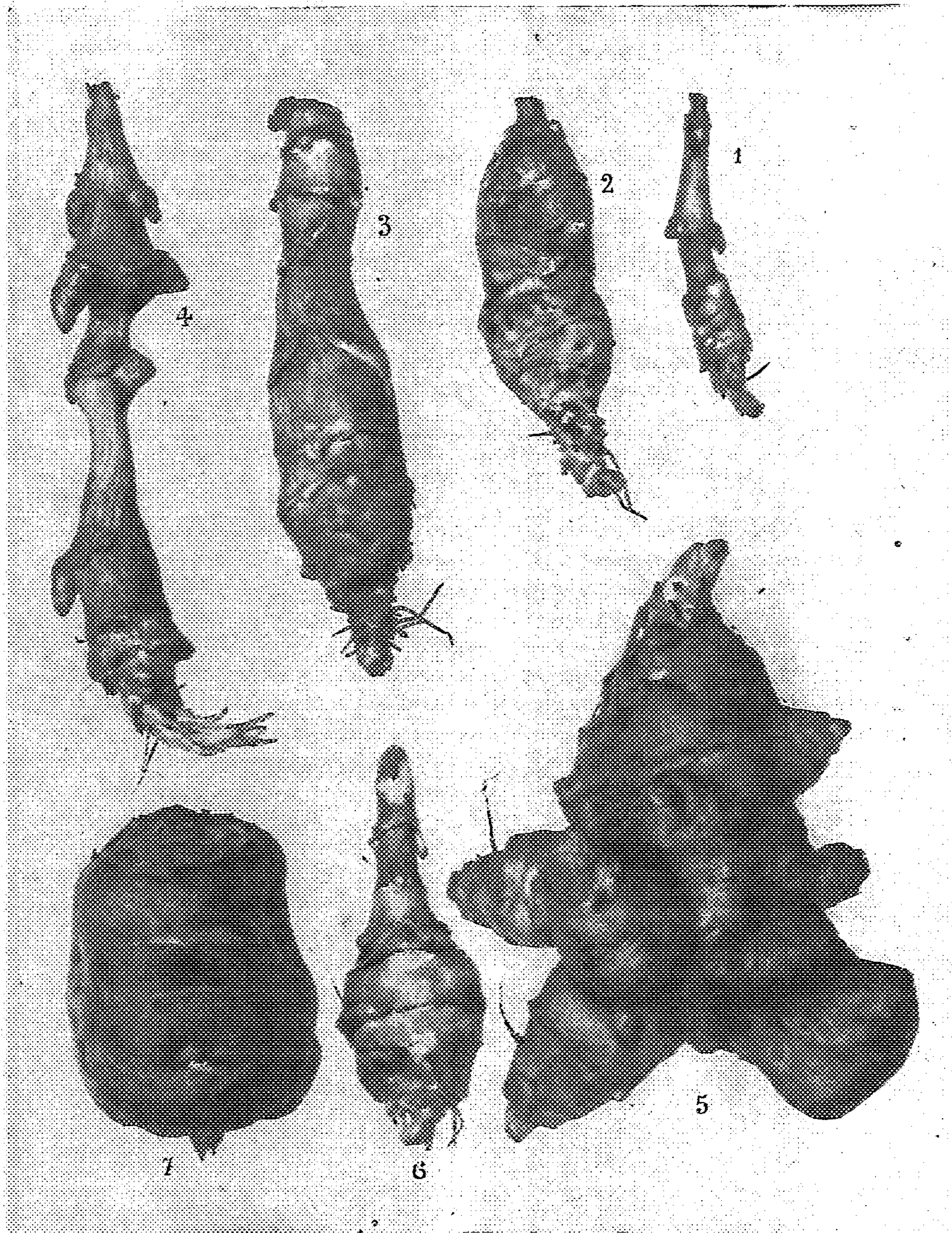


Fig. 1 : Tubercule de Topinambour greffé avec le Soleil annuel. — Fig. 2, 3 et 4 : Tubercules de Topinambour provenant de sa greffe ordinaire avec l'*Ambrosia trefida*. — Fig. 5, 6 et 7 : Tubercules de Topinambour issus des surgreffes de Topinambour et de Soleil annuel.

Ainsi et c'est un fait important, les descendants du tubercule aérien ont fourni un type différent de l'ancien par la disposition, la forme et l'état de la surface des tubercules souterrains. Ces différences, consécutives à la greffe de 1921, se sont maintenues jusqu'ici par multiplication purement végétative.

L'an dernier, j'ai fait de nouvelles greffes ordinaires (olodibioses) de Grand Soleil et d'*Ambrosia trifida* sur des Topinambours provenant, eux aussi, des tubercules aériens de 1921. Les Topinambours portant des Soleils ont donné un petit nombre de tubercules allongés, lisses, dont le plus gros (*fig.* 1) pesait 4^g. Ceux qui avaient pour épibiote l'*Ambrosia* ont produit des tubercules plus gros et de forme plus variée; l'un d'eux (*fig.* 2), plus court, pesait 24^g; un autre, plus long (*fig.* 3), pesait 44^g; un troisième, long et rugueux (*fig.* 4), pesait 28^g. Dans ces essais, on constatait ainsi une variation profonde de la tuberculisation causée évidemment par l'épibiote, puisque toutes les conditions étaient égales d'ailleurs en dehors du greffage.

Comparativement, j'ai fait des surgreffes (hyperbioses simples) entre des Topinambours de même origine et le Soleil annuel pris comme mésobiote. J'ai obtenu un poids beaucoup plus élevé de tubercules chez l'hypobiote; ceux-ci avaient conservé les caractères (*fig.* 5, 6 et 7) des francs de pied témoins. Le Topinambour greffé, au point de vue tuberculisation, se comporte donc d'une façon toute différente suivant qu'il est alimenté par une nourrice aérienne étrangère ou par un épibiote de son espèce. Dans ce dernier cas, abstraction faite des destructions, reconstructions et transformations de substances dont il est le siège, le mésobiote est sans action sur la variation des tubercules qui conservent leurs caractères particuliers. C'est une preuve de plus que leurs variations, à la suite des greffes ordinaires, sont bien dues à l'épibiote Grand Soleil, qui influe sur son hypobiote.

BOTANIQUE. — *Méthodes diverses d'appréciation du niveau du seuil de condensation amylogène.* Note de M. A. Maige, présentée par M. Marin Molliard.

Les observations et expériences, relatées dans mes Notes antérieures, fournissent différentes méthodes permettant d'étudier les variations du seuil de condensation amylogène, soit des divers plastes d'une cellule, soit des plastes de même catégorie d'une cellule lorsque les conditions physiologiques varient, soit enfin des plastes de deux cellules différentes.

En ce qui concerne les plastes d'une même cellule, mes observations précédentes montrent qu'il y a lieu de distinguer les différences d'excitabilité amylogène qui peuvent exister entre les plastes de même génération ou de même catégorie, et ceux de générations ou de catégories différentes; alors que les premières sont faibles, les secondes peuvent être considérables, ce qui permet de les mettre facilement en évidence, soit par l'observation, soit par l'expérimentation. Il suffit en effet de constater dans une cellule, que pendant une réaction amylogène, soit naturelle, soit provoquée par une solution de sucre, un des groupes de plastes précités réagit seul, l'autre demeurant inactif ou digérant son amidon, pour pouvoir conclure avec certitude que le premier présente une excitabilité amylogène plus grande et un seuil de condensation plus bas que le second qui, d'ailleurs, dans certains cas, peut être entièrement dépourvu de toute excitabilité et par suite de tout seuil.

C'est ainsi que j'ai montré antérieurement les différences de seuil de condensation qui existent entre les plastes amylifères et les non amylifères d'une même cellule de l'hypocotyle de Haricot, et que mes observations sur l'évolution des plastes dans les cellules cotylédonaires de Pois et de Fève prouvent nettement que les plastes amylifères, de nouvelle formation, ont un seuil de condensation plus bas que les anciens plastes amylifères des mêmes cellules, qui digèrent leur amidon en verdissant leur stroma.

Il est plus délicat de mettre en évidence les différences de seuil de condensation dans les plastes de même génération ou de même catégorie parce qu'elles sont faibles; pour le faire on peut s'appuyer sur cette observation, qu'à une même température la réaction amylogène des plastes est d'autant plus rapide qu'il y a plus d'écart entre le niveau de leur seuil de condensation et le taux de sucre de la cellule. Ce fait résulte de mes expériences antérieures qui ont montré que si l'on soumet à l'hydrolyse les deux moitiés d'un cotylédon frais de Haricot prélevé vers la fin de la période de synthèse, en cultivant l'une au contact d'une solution de glucose à 5 pour 100, les plastes amylifères de nouvelle formation se montrent plus précoces dans les cellules cultivées sur glucose. Il résulte encore de mes observations sur l'évolution comparée des plastes dans les cotylédons isolés ou non de Pois, Fève, Haricot, ainsi que de mes expériences sur les fragments d'hypocotyle de Haricot cultivés sur glucose à 5 pour 100 à 41° puis placés à 30° dans des conditions différentes de turgescence : l'amidon apparaît plus rapidement dans les cellules du fragment turgescent, dont le seuil de condensation est le plus bas. Il suffira donc, pour se rendre compte des

différences de seuil de condensation des plastes de même groupe d'une cellule, d'observer sur une réaction amylogène, soit naturelle, soit provoquée, la précocité diverse de réaction individuelle de chacun d'eux.

Les principes précédents fournissent une première méthode (*a*), susceptible d'être appliquée à l'étude des variations du seuil de condensation des plastes de même groupe d'une cellule quand on fait varier, à une même température, les conditions physiologiques de celle-ci, ou des plastes comparables de cellules voisines et que l'on peut supposer de ce fait comme pourvues d'un même taux de sucre. Si, sans augmenter la teneur en sucre de la cellule, on provoque par variation des conditions physiologiques une réaction amylogène exclusive ou plus précoce, on pourra l'attribuer vraisemblablement à un abaissement du seuil de condensation; de même si des cellules voisines présentent, soit naturellement, soit après action d'une solution de sucre, des différences de même ordre, on pourra admettre qu'elles sont dues à la cause précipitée.

Une seconde méthode (*b*) consiste dans l'étude de la marche de la condensation. Elle résulte de l'expérience citée plus haut sur les cotylédons frais de Haricot, qui permet de constater qu'à une même température, la condensation est considérablement accélérée dans les cellules cultivées sur glucose, ce qui prouve que dans certaines limites (car un excès de glucose peut favoriser, comme je l'ai montré, la condensation lente) la marche de la condensation est d'autant plus rapide, qu'il y a plus d'écart entre le seuil de condensation et le taux de sucre de la cellule. Si donc en faisant varier les conditions physiologiques d'une cellule sans changer sa teneur en sucre, on active la condensation on pourra, dans des conditions de certitude déterminées par la critique, conclure à un abaissement du seuil, et la même déduction pourra être tirée si des cellules voisines de même teneur en sucre présentent les mêmes différences.

Une troisième méthode (*c*) applicable tout au moins aux cellules d'un même organe (et que j'ai en particulier utilisée pour l'endoderme), consiste à disposer ce dernier sur une solution de glucose qui humecte seulement sa face inférieure. Si l'on arrive à obtenir une réaction, soit exclusive, soit nettement plus précoce, dans des cellules qui par leur situation ont un taux de sucre inférieur ou au plus égal à d'autres, on pourra supposer un seuil de condensation plus bas en leur faveur.

Enfin une dernière méthode (*d*), moins directe que les précédentes, est basée sur ce fait, qu'à une même température, l'augmentation du taux de sucre de la cellule produit pendant l'hydrolyse une réduction de la rapidité

de digestion de l'amidon, d'où l'on peut déduire que la digestion de l'amidon, dans les plastes de même catégorie, est dans la cellule d'autant plus lente qu'il y a moins d'écart entre le taux du sucre de celle-ci et leur seuil de condensation. Il en résulte que toute action qui, sans faire varier le taux de sucre, ralentit la digestion de l'amidon dans les plastes, sera susceptible d'être soupçonnée comme réduisant cet écart en abaissant le seuil de condensation, et qu'il sera de même en ce qui concerne la vitesse différente de digestion de l'amidon dans des cellules voisines.

Les diverses méthodes précédentes se complètent et se contrôlent les unes les autres; la possibilité de leur application ou leur usage plus ou moins aisé dépend évidemment des cas étudiés.

Je ne puis faire ici la critique détaillée de chacune d'elles, il me suffira de faire remarquer à titre d'exemple que la dernière méthode (*d*) peut être sujette à des causes d'erreurs, car la moindre rapidité de digestion de l'amidon peut être due, non à un accroissement d'excitabilité amylogène des plastes se traduisant dans l'abaissement du seuil de condensation, mais à une moindre valeur de leur puissance amylasique, comme le suggèrent nettement mes expériences antérieures sur les cellules de l'écorce interne et de l'écorce périphérique de l'hypocotyle frais de Haricot, d'où il résulte que les premières présentent à l'égard des secondes une digestion de l'amidon plus lente associée à un seuil de condensation plus élevé.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la présence des nitrates dans les sols forestiers.* Note de MM. A. Němec et K. Kvapil, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Presque tout l'azote qui est consommé par les arbres forestiers, provient de la décomposition des matières organiques contenues dans la couverture morte et dans l'humus des sols forestiers. Quoique la question de la forme la plus convenable des matières azotées pour la nutrition des peuplements forestiers soit aujourd'hui encore loin d'être résolue, il est plus que probable que l'azote mobile des nitrates présente un état de combinaison favorable non seulement pour les grandes cultures des champs, mais encore pour celles de la forêt. Déjà Boussingault ([1]) a constaté la présence d'une petite quantité d'azote nitrique dans les sols forestiers. Plus tard, en étudiant la formation des nitrates dans la terre forestière, Weis ([2]) a pu constater que dans l'humus acide du hêtre, surtout après chaulage, une nitrifi-

([1]) Boussingault, *Agronomie*, 2, p. 40.
([2]) F. Weis, *Centralblatt f. Bakteriologie*, 28, 1910, p. 434.

cation intense prend lieu. Des travaux récents de Hesselmann ([1]) il ressort que, dans les sols des peuplements aciculaires, couverts de nappes de mousse et de lichens, l'humus n'est pas décomposé en azote nitrique, mais que sa décomposition s'arrête à la formation de sels d'ammoniaque. Au contraire, dans les forêts feuillues, le sol contient des quantités notables de nitrates. D'après Hesselmann, sur les sols dont l'azote est transformé en azote nitrique, l'accroissement des arbres est plus élevé que sur les sols où la nitrification est faible ou nulle.

En étudiant les propriétés biochimiques des sols sous les peuplements forestiers, nous avons pu faire quelques observations intéressantes relatives à la présence de l'azote nitrique dans l'humus, dans les terres végétale et minérale des diverses essences et formes de peuplements forestiers. L'azote nitrique a été déterminé par la méthode colorimétrique de Noyes, modifiée pour les sols forestiers par Clarke ([2]).

Les résultats de nos recherches sont contenus dans le Tableau suivant.

Peuplement.	Azote nitrique en milligrammes pour 1^{kg} de matière sèche.			
	Couverture morte.	Humus.	Terre végétale.	Terre minérale.
Sapin, 200 ans, sol sans végétation	»	8,87	6,76	6,42
Sapin, 100 ans, sol sans végétation	»	11,59	5,64	5,41
Épicéa-sapin, 90 ans, sol couvert de mousse.	11,03	8,54	4,73	4,88
Épicéa, 100 ans, serré, sol sans végétation	»	7,21	1,49	2,08
Épicéa, 90 ans, sol sans végétation	12,47	11,83	4,46	2,59
Épicéa, 60 ans, sol sans végétation	11,03	8,54	4,73	4,88
Épicéa, 35 ans, sol sans végétation	»	31,16	8,43	6,98
Épicéa, culture, 10 ans	22,85	16,07	»	8,05
Pin sylvestre, 90 ans, sol couvert de mousse et de *Vaccinium*	»	12,58	6,82	4,74
Pin sylvestre, 60 ans, sol couvert de mousse.	»	6,89	4,93	4,04
Pin sylvestre, 40 ans, végétation : *Mnium*, *Athyrium*	17,32	7,15	3,97	3,60
Hêtre, 200 ans, sol sans végétation	»	15,75	9,22	8,73
Hêtre, 60 ans, sol sans végétation	81,05	48,01	13,52	9,19
Chêne pédonculé-hêtre, 90 ans, végétation	14,80	7,08	5,25	3,02
Chêne pédonculé, 60 ans, avec taillis sous futaie de chêne	19,30	6,77	3,89	2,80
Frêne, peuplement, âgé de 90 ans	19,03	»	11,07	8,40
Frêne, jeune taillis de 10 ans, sol sans végétation	129,23	»	17,55	4,28
Charme, jeune taillis de 15 ans	22,22	8,29	11,63	3,69
Epicéa-hêtre, 60 ans	20,89	13,99	5,42	4,34
Pin sylvestre, avec taillis sous futaie de chêne.	11,08	18,04	4,29	2,99

([1]) H. Hesselmann, *Nedd. stat. skogsförsögsanstalt*, **13**, 1917, p. 297.

([2]) W. Clarke, *Oxford forestry memoirs*, n° **2**, 1924, p. 1-27.

On peut observer que l'humus d'épicéa contient une quantité d'azote nitrique qui semble décroître quand augmente l'âge du peuplement. L'humus et la couverture morte des peuplements feuillus sont relativement riches en azote nitrique; surtout la couverture morte du jeune taillis de frêne a montré une teneur en nitrates très élevée. L'ensemble des couches du peuplement mixte épicéa-hêtre est beaucoup plus riche en azote nitrique que celui du peuplement pur d'épicéa dans la même région.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur quelques propriétés de l'urée vis-à-vis des sols.* Note [1] de MM. F. Couturier et S. Perraud, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Nous avions entrepris depuis le début de 1924 un travail sur les relations de l'urée avec le sol. Ce travail était déjà très avancé lorsque a paru une publication de M. Ch. Brioux [2] sur la même question. Nous avons cru devoir néanmoins poursuivre nos études, et les résultats obtenus ont confirmé pleinement ceux de M. Brioux sur les points qui nous étaient communs. Nous présentons aujourd'hui à l'Académie quelques faits non examinés jusqu'ici relatifs au pouvoir absorbant du sol à l'égard de l'urée, et apportons quelques compléments aux conditions de la décomposition de l'urée dans le sol.

Les propriétés hygroscopiques de l'urée en font une substance extrêmement soluble dans l'eau et certains auteurs [3] ont vu, dans ce fait que l'urée pouvait être entièrement et rapidement lessivée dans les sols, une contre-indication à son emploi dans certains terrains. D'autres [4] écrivent « qu'elle est retenue probablement dans le sol aussi bien que le sulfate d'ammoniaque, et qu'elle est à ce point de vue supérieure au nitrate de soude sujet à être entraîné par les eaux ».

Pour éclaircir cette question, nous avons tout d'abord recherché si la terre possédait un pouvoir absorbant à l'égard de l'urée.

Les premiers essais comportaient l'agitation d'un poids connu de terre sèche, avec un volume connu d'une solution titrée d'urée. Le contact de

(1) Séance du 27 avril 1925.

(2) Ch. Brioux, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 915.

(3) Kuyper *Experiment Station Record*, 49, 1923, p. 20.

(4) Sir John Russell, *Revue internationale de renseignements agricoles*, Rome, nouvelle série, vol. 1, 1923, p. 913.

l'urée avec le sol avait été maintenu, dans deux essais parallèles, pendant 4 heures et 12 heures. Le dosage de l'urée par la méthode de Fosse, dans le liquide séparé de la terre par filtration, avait donné des teneurs en urée moindres que dans la solution initiale et décroissantes quand croissait la durée d'agitation. On pouvait conclure de là qu'une certaine quantité d'urée avait été retenue par le sol.

La question se liant, d'autre part, à la rapidité de la transformation de l'urée par action microbienne, nous avons repris ces essais en opérant en milieu chloroformé pour supprimer toute décomposition de l'urée.

10g de terre ont été additionnés de 20cm³ d'eau chloroformée dans laquelle on a dissous 0g,1 d'urée. Après agitation mécanique de deux lots de terre pendant 2 heures et 4 heures, le liquide a été filtré et, dans une partie adéquate de cette solution, on a dosé l'urée avec le xanthydrol.

	Poids de xanthylurée dans 20cm³ de la solution.	Urée dans 200cm³ de la solution.
	g	g
Solution primitive	0,070	0,1
Solution après agitation de 2 heures	0,070	0,1
» de 4 heures	0,069	0,099

Il n'y a donc aucune fixation d'urée par la terre, dont le pouvoir absorbant à l'égard de cette substance est nul.

Un autre essai avec du nitrate d'urée a donné des résultats négatifs identiques aux premiers. Enfin en répétant ces essais avec de la terre décalcifiée et de l'urée, l'identité des poids de xanthylurée avant et après agitation établit encore l'absence de tout pouvoir absorbant.

On pourrait ainsi craindre un entraînement de l'urée dans les terres par les eaux de pluie, si d'autres propriétés de ce corps ne venaient mettre un obstacle presque absolu à toute perte par lessivage des sols. L'urée est en effet transformée, comme on le sait, en carbonate d'ammoniaque par les nombreuses espèces de microbes ammonisants du sol, et la rapidité de cette transformation avait déjà été indiquée par M. Brioux. En suivant de plus près cette action microbienne, et en déterminant quantitativement la disparition de l'urée, il a été possible de donner une mesure de cette transformation, et de comparer la marche du phénomène à différentes températures.

On a opéré avec une terre d'origine glaciaire, pauvre en éléments fertilisants et en calcaire. Différents lots de 200g de terre, à 20,3 pour 100 d'humidité, ont été mélangés à 0g,1 d'urée et abandonnés à la température

de 17° pendant des temps variables. La terre est ensuite additionnée de la quantité d'eau nécessaire pour compléter à 200^{cm^3} le volume total d'eau employée. Sur la solution filtrée on prélève 10^{cm^3} pour le dosage de l'urée par le xanthydrol.

TABLEAU I.

Durée de contact.	Poids de xanthylurée.	Urée restant dans 200^{cm^3}.	Urée pour 100 transformée.
6 heures	25 mg	71 mg	29
15 »	17,5	50	50
24 »	2	6	94
48 »	0	0	100

Ainsi au bout de 24 heures, l'urée est presque totalement transformée en ammoniaque. Cette rapidité est assez grande, dès le début du contact, pour expliquer nos premiers résultats sur le pouvoir absorbant du sol, en milieu non chloroformé.

Les mêmes essais ont été effectués à basse température maintenue constante à + 2°, avec la même terre titrant 20 pour 100 d'humidité.

TABLEAU II.

Durée de contact.	Poids de xanthylurée.	Urée restant dans 200^{cm^3}.	Urée pour 100 transformée.
6 heures	35 mg	100 mg	0
15 »	25,1	73	27
24 »	21,7	62	38
2 jours	7,5	21	79
3 »	2,95	8,4	91,6
5 »	0	0	100

Ces résultats montrent dans quelle mesure se ralentit l'hydrolyse de l'urée dans le cas de basses températures; la comparaison avec le tableau I indique qu'au bout de 15 heures elle atteint sensiblement la même valeur qu'après 6 heures à 17°. De plus si l'on traduit ces résultats par une courbe on voit que cette transformation est sensiblement proportionnelle au temps jusqu'à 48 heures, puis qu'elle se ralentit visiblement à partir du deuxième jour pour n'être totale que vers la fin du cinquième jour.

On peut tirer de ces résultats des précisions intéressantes au point de vue de l'emploi de cet engrais azoté; l'urée peut être utilisée sans tenir compte de la température et de la saison, c'est-à-dire aussi bien à l'automne qu'après l'hiver, d'après les mêmes règles que le sulfate d'ammoniaque,

puisque le carbonate d'ammoniaque formé échappera très rapidement à l'entraînement par les eaux de pluie au même titre que les engrais ammoniacaux ordinaires.

CHIMIE AGRICOLE. — *Persistance de l'azote dicyandiamidique dans une cyanamide calcique moulée, après plusieurs mois de séjour dans le sol.* Note [1] de MM. **Adrien Auguet** et **Albert Bruno**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Jusqu'à ces dernières années la cyanamide calcique offerte aux agriculteurs était un produit pulvérulent et léger, difficilement maniable, dont l'épandage présentait quelque danger, car sa poussière est irritante et toxique.

Depuis, on a remédié à ces inconvénients par l'addition d'huiles lourdes, d'agglutinants et, plus efficacement, par l'agglomération du produit brut après hydratation partielle. On obtient ainsi des granulés ou des bâtonnets moulés d'un emploi commode, mais dans lesquels une partie de la cyanamide est passée à l'état de dicyandiamide.

Deux cyanamides calciques en bâtonnets ayant séjourné plusieurs mois dans le sol, et contenant encore une notable proportion d'azote, nous ont été remises. La première, A, ramassée en novembre, provient d'engrais enfoui par un labour en avril 1924, avant semis de betteraves, et a environ 7 mois de séjour dans le sol. La seconde, B, ramassée en octobre provient d'engrais appliqué en couverture sur blé au printemps de 1924 et a environ 6 mois de séjour à la surface du sol.

Dans chacune d'elles, les bâtonnets étaient à peu près intacts et ne différaient en apparence des bâtonnets de l'engrais neuf que par l'existence en surface d'une mince pellicule de chaux carbonatée. Par ailleurs, ils avaient conservé dureté, cohésion et couleur, ce qui avait impressionné quelques cultivateurs.

L'azote total, dosé sur des échantillons moyens provenant du broyage d'une vingtaine de grammes pour chacune, fut trouvé respectivement de 1,26 pour 100 pour A et de 0,91 pour 100 pour B.

Il nous a paru intéressant de rechercher sous quelle forme pouvait

---

[1] Séance du 4 mai 1925.

exister cet azote résiduel. La précipitation, suivant la méthode de Caro (¹), à l'état de cyanamide argentique par le nitrate d'argent en solution ammoniacale, a donné pour A et B des précipités très faibles, dans lesquels nous avons titré l'argent après dissolution dans l'acide nitrique étendu au moyen de la solution $\frac{N}{20}$ de sulfocyanure de potassium. Les résultats correspondaient à des teneurs en cyanamide pratiquement négligeables, voisines de 0,1 pour 100. Ces résultats ont été confirmés par le dosage pondéral de la cyanamide à l'état de dixanthylurée, selon la méthode de Fosse (²) en chauffant pendant 3 heures à 50-55° deux prises d'essai de A et de B avec de l'acide nitrique binormal et en recherchant l'urée produite dans la liqueur d'hydratation, au moyen d'une solution méthylique de xanthydrol à 5 pour 100. Il ne s'est formé, après plusieurs heures, qu'un précipité négligeable de dixanthylurée.

L'azote résiduel n'est donc pas sous forme de cyanamide. D'autre part, nous avons vérifié l'absence des autres formes solubles de l'azote susceptibles d'exister dans la cyanamide calcique après exposition à l'air et à l'humidité : 1° l'urée par la réaction du xanthydrol en milieu acétique (³) sur les liqueurs d'épuisement par l'eau de A et B; 2° les sels ammoniacaux par addition du réactif de Nessler aux mêmes liqueurs. Nous avons procédé à la recherche de la dicyandiamide : 1° par la méthode de Caro (⁴) (précipitation par le nitrate d'argent en présence de potasse à 10 pour 100, et dosage de l'azote dans le précipité lavé et essoré); 2° par précipitation vers + 5° avec le nitrate d'argent à 5 pour 100 et l'acide picrique en solution aqueuse à 7,5 pour 1000, selon Harger (⁵) sur l'extrait repris par l'eau, provenant de l'épuisement à l'acétone anhydre des échantillons A et B pulvérisés et séchés à l'étuve.

Dans A et B nous avons constaté la présence de dicyandiamide et obtenu les résultats assez concordants ci-après :

	Cyanamide A pour 100.	Cyanamide B pour 100.
Azote de la dicyandiamide (méthode Caro).......	1,05	0,70
» (méthode Harger)....	1,00	0,67

(¹) *Zeitschr. f. angw. Ch.*, 23, 1910, p. 2405.
(²) Fosse, Hagène et Dubois, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 214 et 408.
(³) Fosse, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1076 et 1588.
(⁴) *Zeit. f. angew. Ch.*, 23, 1910, p. 2405.
(⁵) *Industr. Engin. Chem.*, 12, 1920, p. 1107.

La presque totalité de l'azote restant est donc à cet état. Examinant enfin une cyanamide neuve de même fabrication que A et B, nous avons obtenu :

Azote total..............	15,12 pour 100
Azote de la cyanamide	7,77 pour 100, soit 51,38 pour 100 du total
Azote de la dicyandiamide...	7,15 pour 100, soit 47,28 pour 100 du total
Azote non dosé et insoluble..	0,20 pour 100

Les constatations qui précèdent confirment la présence déjà signalée de dicyandiamide dans les cyanamides calciques agglomérées.

Elles montrent surtout la possibilité d'une transformation accidentelle, en proportion parfois considérable du produit brut rapidement utilisable, en son dimère dont la toxicité pour les microorganismes a été signalée, mais dont l'utilisation en tant qu'engrais se montre pour le moins beaucoup retardée.

Toute technique ayant pour but de mettre la cyanamide calcique brute sous forme d'agglomérés, doit donc être sévèrement contrôlée et effectuée en conditions telles que la formation de dicyandiamide ne dépasse pas quelques unités pour 100.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de l'insuline sur le métabolisme azoté.* Note (¹) de MM. **H. Labbé** et **B. Théodoresco**, présentée par M. Charles Richet.

Depuis la découverte de l'insuline, les observations cliniques relatant ses effets thérapeutiques sont nombreuses. Des modifications importantes dans les échanges nutritifs se traduisent, cliniquement, par une amélioration notable de l'état général du malade, avec augmentation du poids, concomitante à l'abaissement de l'acidose des humeurs. Pour contribuer à éclaircir quelques-uns des points encore obscurs de la question, nous avons recherché quelle était l'action de l'insuline sur la nutrition du chien normal, et, plus particulièrement, sur son métabolisme azoté. L'animal a été soumis à un régime fixe, lui permettant de se maintenir en équilibre, pondéral et azoté. L'équilibre obtenu, nous avons injecté de l'insuline afin de constater la répercussion ainsi produite sur les échanges.

Le régime auquel ont été soumis nos trois animaux en expérience se composait, l'eau mise à part, de 110^g de viande grasse désossée, et de 100^g

(¹) Séance du 16 mars 1925.

de pain, par 24 heures. Ce régime, calculé en calories, fournit approximativement : 176^{cal} pour la graisse, $87^{cal},4$ pour les substances protéiques, et $201^{cal},4$ pour les hydrates de carbone. Nous avons utilisé l'insuline Byla, en ampoules de quinze unités cliniques, dont nous avons injecté en une seule fois (étant donnée la résistance remarquable du chien envers l'insuline) de une à trois ampoules, soit 15 à 45 unités cliniques.

Les chiens pesant environ 8^{kg}, la dose d'insuline injectée au maximum a été d'un peu plus de 5 unités cliniques par kilogramme d'animal.

Nos expériences ont été effectuées de février à fin juillet 1924, nous fournissant ainsi un grand nombre de résultats analytiques, dont nous rapportons ici les plus caractéristiques.

Les dosages d'azote urinaire ont été pratiqués quotidiennement sur les urines fraîches de 24 heures.

Pour les deux animaux en expérience, les résultats ont consisté en une augmentation très nette de l'élimination azotée qui suit l'injection de l'insuline. Ce fait est en contradiction, tout au moins apparente, avec ce qu'on observe chez le diabétique acidosique.

Pour le chien n° 1, la moyenne des chiffres de l'azote total est passée de $2^{g},73$, avant les injections d'insuline, à $3^{g},84$, puis est retombée à $3^{g},46$.

Pour le chien n° 2, la moyenne est passée de $3^{g},29$, avant l'insuline, à $4^{g},12$. après l'injection.

L'effet produit persiste souvent pendant plusieurs jours après l'injection.

L'augmentation de la déperdition azotée est importante, lorsqu'on envisage la moyenne des chiffres obtenus dans nos expériences. En outre, dans un grand nombre de cas, la différence entre les taux d'azote éliminé avant et après l'injection d'insuline est également frappante (voir tableau ci-après).

De ces constatations il ressort que le métabolisme azoté reçoit une accélération manifeste du fait de la mise en circulation d'un supplément d'insuline dans l'organisme. L'animal brûle davantage ses tissus que dans les périodes normales ; il consomme ses réserves azotées. L'équilibre azoté, atteint et bien conservé auparavant pour un taux d'alimentation déterminé, est immédiatement détruit et ne se rétablit plus tant que dure la période d'injections d'insuline. En même temps, le poids de l'animal s'abaisse, quoique les descentes qu'il nous a été donné d'observer aient été moins accentuées que la déperdition azotée elle-même. L'état chimique sous lequel se fait cette hyperélimination d'azote n'apparaît pas très différent de la formule normale, ainsi que nous l'avons observé par des dosages répétés d'azote uréique et d'azote total.

Quoi qu'il en soit, le phénomène de la déperdition azotée s'observe déjà pour des injections d'insuline correspondant à 0,6 unité physiologique par kilogramme d'animal. Il s'intensifie lorsqu'on augmente la dose d'extrait insulinique ou que l'on rapproche les injections. Dans ce dernier cas, l'animal (chien n° 1) s'est, peu à peu, cachectisé. Son poids a fortement décru et la mort est survenue sans qu'à l'examen macroscopique de ses viscères il ait été possible d'observer des altérations appréciables.

Dates (1924).	Insuline (unités cliniques injectées).	Azote total (urinaire).	Azote (en excédent).
	I. — *Chien* n° 1.		
23 février	0	3,10	0,57
24 »	15	3,67	
3 mars	0	3,35	0,70
4 »	15	4,05	
19 »	0	3,17	0,73
20 »	15	3,90	
26 »	0	2,05	0,71
27 »	15	2,76	
	II. — *Chien* n° 2.		
22 février	0	3,88	1,11
23 »	15	4,99	
29 mars	0	4,20	0,40
30 »	15	4,60	
	III. — *Chien* n° 3.		
10 avril	0	3,30	0,36
11 »	15	3,66	
11 »	15	3,66	0,34
12 »	0	4,00	
14 mai	0	4,14	0,34
15 »	15	4,48	
15 »	15	4,48	0,37
16 »	0	4,85	
16 »	0	4,85	0,39
17 »	0	5,24	

ZOOLOGIE. — *Observations sur la biologie de* Nereis diversicolor. Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

Au Portel, cette annélide vit uniquement dans le petit port, près du laboratoire, où elle peuple une bande de 150^{m} sur 5 à 7^{m}, qui découvre à toutes les marées et où n'arrive qu'une faible quantité d'eau douce; mais, les jours de grande pluie, à marée basse, le gisement peut subir une forte dessalure. Du côté du rivage, la bande passe, selon les endroits, au sable avec jeunes arénicoles, au sable à *Nerine cirratulus*, ou bien elle touche au pied du quai; du côté de la mer, elle passe au sable très vaseux, à scrobiculaires. Il y a 15 ans, une étroite zone à *Aricia Mülleri*, disparue depuis, s'étendait à l'entrée de l'arrière-petit-port, entre le niveau à *N. diversicolor* et la zone supérieure à petites arénicoles. Les adultes se tiennent surtout dans le sable très vaseux, les jeunes sont abondants plus haut, sous des éclats de pierre formant une sorte de gravier avec très peu de vase.

Poursuivant depuis plusieurs années des observations sur la biologie de cette espèce, en particulier sur son éthologie sexuelle, je veux faire part aujourd'hui de quelques-unes de mes remarques. Comme elle avait la réputation d'être hermaphrodite protérandre, j'ai examiné à dessein un nombre considérable de jeunes de 2 à 5^{cm}. Jamais je n'ai trouvé de spermatozoïdes à leur intérieur, mais presque tous renfermaient déjà des ovocytes libres. D'autre part, sur des centaines d'individus de taille moyenne ou adultes, je n'ai rencontré qu'un seul mâle, tous les autres étaient des femelles avec des ovocytes; enfin, les adultes ne m'ont pas montré de cas de viviparité. On peut donc conclure avec Herpin (1923) qu'elle n'est ni hermaphrodite, ni vivipare. Quant à la parthénogenèse, elle demeure possible; toutefois, le fait que des ovules pondus en aquarium se sont segmentés (Herpin) ne prouve pas que la parthénogenèse existe dans l'espèce, mais seulement que les ovules ont rencontré cette fois-là, en aquarium, les conditions physiques ou chimiques qui ont déclanché la segmentation, ce qui m'est arrivé aussi avec les ovules de *Sabellaria*, et c'est là seulement de la parthénogenèse artificielle involontaire.

L'existence de mâles authentiques est certaine depuis longtemps, les figures de K.-C. Schneider (1902) l'attestent, mais les mâles mûrs à un moment donné sont toujours rares, alors que les femelles à maturité sont nombreuses. Dans ces conditions, comment peut se faire la fécondation? L'observation que je vais rapporter me semble devoir conduire à la solution.

J'ai trouvé une fois sous des pierres, dans la partie la plus haute du gisement, des *N. diversicolor* adultes, serrées les unes contre les autres, et dont le rassemblement insolite me frappa vivement. N'étant pas alors préoccupé par les modalités de la reproduction de cet animal, je ne tirai pas parti de la rencontre; pourtant, je pris soin de voir si le motif de cette accumulation n'était pas le partage d'une nourriture enfouie, mais je n'en trouvai point. Il eût fallu recueillir tous les individus massés et entreprendre l'examen du contenu cœlomique de chacun : je suis aujourd'hui convaincu que j'ai eu alors sous les yeux un paquet d'Annélides en rut et composé de femelles grouillant autour d'un mâle. Je n'ai plus revu ce spectacle, mais il ne doit pas être tout à fait rare; en effet, O.-F. Müller (1771), créateur de l'espèce, avait déjà signalé qu'elle forme sous les pierres des masses enchevêtrées qu'il compare à des pelotons de macaroni (Nudel). Selon moi, quand un mâle arrive à maturité, toutes les femelles surmatures (vert plus ou moins sombre), se trouvant dans un certain rayon, sont excitées positivement par ses sécrétions; elles se mobilisent vers lui, chose d'autant plus facile que *N. diversicolor*, néreide sociale, voyage toujours beaucoup dans ses galeries ramifiées. Leur jeu, au contact du mâle qu'elles enserrent, finit par provoquer l'émission de son sperme et la sortie de leurs ovules.

Tandis que, pour les néreis épitoques, ce sont surtout les mâles qui s'empressent vers les femelles, ici, à cause de la rareté des mâles, l'empressement viendrait de la part des femelles, et, pour moi, ces masses enchevêtrées de formes rampantes sont l'équivalent des danses nuptiales d'hétéronéreis nageantes. La reproduction semble avoir lieu en toutes saisons, car j'ai récolté dans une même station des jeunes pendant toute l'année; en octobre dernier, on voyait, à la surface d'une fine boue grise, une multitude de petits trous, orifices de sortie de galeries étroites ne renfermant que des jeunes de 3 à 5^{cm}.

En faisant vivre, en juin et juillet, dans un cristallisoir des femelles vert sombre, la température étant 16°-17° dans la salle, j'ai assisté au bout de 12 à 30 heures à une transformation curieuse. Il se fait progressivement, à partir du 12e sétigère, une modification qui rappelle plusieurs traits de l'épitoquie : le corps bombé s'aplatit, les anneaux se serrent les uns contre les autres, les parapodes deviennent saillants vers le haut, la largeur du corps proprement dit diminue sensiblement, et l'on trouve de chaque côté du dos, au niveau de l'insertion des parapodes, deux rangées de petites dépressions caractéristiques tout le long de la partie transformée. Quant à la région antérieure, elle conserve l'aspect ordinaire, tout en s'hypertro-

phiant comme par l'afflux du liquide cœlomique chassé en avant par la contraction du reste du corps. La ressemblance avec un animal épitoque est donc frappante, mais les parapodes ne montrent aucun changement, et ce n'est là, malgré tout, qu'une ébauche, une caricature d'hétéroneréis. Notons de plus qu'au moment où la demi-métamorphose s'achève, l'animal ne tarde pas à mourir, ce qui porte à penser que le phénomène n'a pas lieu en liberté.

Sans doute, quelques auteurs avaient-ils eu affaire à des exemplaires pareillement différenciés lorsqu'ils annoncèrent des métamorphoses chez *N. diversicolor*. En fait, il s'agirait ici tout au plus d'une hétéronéreis incomplète rampante, qui serait aux formes épitoques nageantes, ce que la femelle d'Orgyia est aux papillons. C'est le lieu de se demander si les causes, qui déterminent en quelques heures dans un cristallisoir la transformation indiquée, ont quelque rapport avec celles qui provoquent, lentement, dans les conditions naturelles, l'hétéronéreidation complète des autres espèces. Que cette néreis montre une partie des changements morphologiques qu'on trouve dans la métamorphose de celles-ci ne doit pas surprendre, puisque j'ai rencontré chez elle, pendant la maturation, des phénomènes de myolyse aussi étendus que chez les autres. Et il semble bien que le changement de physionomie dans l'épitoquie est surtout dû à un nouvel état de la substance contractile de la musculature, acquis pendant ou après cette myolyse.

PHARMACODYNAMIE. — *Altération des solutions d'aconitine au cours de leur vieillissement*. Note de MM. **Goris** et **M. Metin**, présentée par M. Guignard.

Au cours de recherches physiologiques sur l'action toxique de l'aconitine, nous avions été surpris par les résultats discordants obtenus avec des solutions d'aconitine de même titre, mais de préparation plus ou moins récente.

La toxicité de ces solutions diminue d'une façon déjà sensible après une semaine; la diminution est considérable au bout de plusieurs mois. On ne peut expliquer ce phénomène que par une hydrolyse lente et continue de l'aconitine, sous l'influence d'une dilution extrême, donnant naissance à des produits de dédoublement, corps physiologiquement peu actifs.

Dans ce cas particulier, les méthodes chimiques sont impuissantes à

suivre le dédoublement de l'aconitine. Nous avons donc eu recours aux essais physiologiques.

On a commencé par déterminer la dose minimum mortelle pour 1g de cobaye de l'azotate d'aconitine que nous possédions. On a préparé une solution aqueuse telle que 1000cm³ contiennent 1g,09 d'azotate correspondant à 1g d'aconitine et, avec celle-ci, des dilutions au $\frac{1}{10000}$ et au $\frac{1}{100000}$. Au moment des expériences, on prélève avec des pipettes graduées au $\frac{1}{10}$ de centimètre cube les quantités calculées que l'on dilue, si cela est nécessaire, pour que les quantités de liquide à injecter soient comprises entre 2 et 5cm³ pour un cobaye d'un poids moyen de 400 à 500g.

La dose minimum mortelle, d'après Cash et Dunstan, est de 0,000000112 à 0,000000123 par gramme de cobaye. Pour notre échantillon d'azotate d'aconitine, cette dose est nettement trop élevée. Nous avons injecté à un cobaye de 400g, 0,000045 d'aconitine, soit 0,000000112 par gramme. Cinq minutes après l'injection, l'animal est pris de hoquets violents, accompagnés de cris pénibles et particuliers, il rejette par la bouche un liquide incolore, filant et spumeux. Presque aussitôt apparaît la paralysie des membres postérieurs. Puis la respiration devient difficile et précipitée, l'animal se couche sur le flanc, roule sur le dos, fait des efforts pour se dresser le long des parois de la cage avec ses pattes de devant demeurées immobiles, tandis que la partie postérieure du corps, complètement flasque est incapable de le soutenir. Dans cette position, l'animal essaie de respirer en ouvrant fortement la bouche, puis il retombe et expire après quelques soubresauts. La mort s'est produite 25 minutes après l'injection.

A la suite de ce premier essai, on injecte une dose sensiblement moindre, soit 0g,00000005 par gramme à un cobaye de 500g. L'animal présente quelques hoquets, une très légère paralysie des membres postérieurs, mais triomphe facilement de cette dose d'aconitine.

A deux autres cobayes, d'un poids voisin de 500g, on injecte à l'un 0,00000006 par gramme et à l'autre 0,00000007. Le premier cobaye présente des symptômes d'intoxication assez marqués et assez prolongés, mais il survit. Le second meurt en 1 heure 45 minutes, après avoir présenté les mêmes réactions physiologiques que dans la première expérience, quoique moins violentes et réparties sur une plus longue durée. La dose minimum mortelle de notre azotate d'aconitine était donc de 0,00000007 par gramme d'animal. Si nous convenons de définir l'unité toxique de l'aconitine pour un gramme de cobaye, par le cent-millième de milligramme (0,00000001) nous pouvons dire que la dose minimum mortelle est de sept unités toxiques.

Les solutions aqueuses d'aconitine ont été conservées à la lumière et essayées toutes les semaines, puis tous les mois.

Après une semaine, la dose minimum mortelle est de 9 unités toxiques (0,00000009); elle est de 10 unités au bout de deux semaines, de 14 après trois semaines. Au bout d'un mois il faut injecter 18 unités toxiques pour amener la mort du cobaye, et après quatre mois, il faut 45 unités (0,000000045 par gramme).

Une solution aqueuse très diluée d'azotate d'aconitine est donc devenue, après 4 mois, six fois et demie moins toxique qu'au moment de sa prépara-

tion. La décroissance du pouvoir toxique est très régulière et serait représentée, si l'on voulait établir un graphique, par une ligne presque droite.

En solution alcoolique, on peut également noter une diminution de toxicité analogue à celle constatée en solution aqueuse. Une solution d'azotate d'aconitine dans l'alcool à 70°, dont la dose minimum toxique était de 7 unités toxiques lors de sa préparation, ne provoque la mort que pour 9 unités au bout d'une semaine, de 11 au bout de trois semaines et de 12 au bout d'un mois. La diminution est donc moins forte que dans l'eau, mais cependant notable.

Il y a là un fait dont l'importance pharmacologique pratique est considérable, et que l'on retrouve chez des préparations galéniques d'aconit. Il nous montre que les essais chimiques fondamentaux nécessaires au pharmacologue doivent souvent être complétés par l'essai physiologique.

A $15^h 45^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 9 mars 1925.)

Note de M. *H. Rosset*, Sur le chlorazoture de phosphore :

Page 750, lignes 1 et 2 du titre, *au lieu de* Sur le chlorazature de phosphore, *lire* Action des organomagnésiens sur le chlorazoture de phosphore. Note de MM. Ch. Courtot et H. Rosset.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AVRIL 1925.

Studies in fossil botany. Vol. I : *Pteridophyta;* vol. II : *Spermophyta*, by DUKINFIELD HENRY SCOTT. London, A. et C. Black, 1920 et 1923; 2 vol. 20cm,5.

An introduction to structural botany. Part I : *Flowering plants;* Part II : *Flowerless plants*, by DUNKINFIELD HENRY SCOTT. London, A. et C. Black, 1920 et 1924; 2 vol. 19cm.

Extinct plants and problems of evolution, by DUKINFIELD HENRY SCOTT. London, Macmillan and Co, 1924; 1 vol. 22cm,5.

Roses d'Europe, par G.-A. BOULENGER. Vol. I. Bruxelles, Goemaere, 1924-1925; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. Louis Mangin.)

Travaux et Mémoires de l'Université de Lille; nouvelle série. II : Médecine, sciences. Vol. III : *Les groupes abéliens finis et les modules de points entiers*, par ALBERT CHATELET. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; Lille, Bibliothèque universitaire, 1925; 1 vol. 25cm,5.

Station océanographique de Salammbô. Notes et mémoires, n° 3 : *Observations sur les limites, les faciès et les associations animales de l'étage intercotidal de la petite Syrte (golfe de Gabès)*, par L.-G. SEURAT. Tunis, J. Barlier et Cie, 1924; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Études expérimentales de technologie industrielle; 70e mémoire : *La serrure, origine et évolution*, par CH. FRÉMONT. Paris, 1924; 1 fasc. 27cm. (Présenté par M. Léon Lecornu.)

Au Hoggar, mission de 1922, par CONRAD KILIAN. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1925; 1 vol. 22cm,5.

Notes sur la variabilité des climats; documents lyonnais, études de climatologie. Ire partie : Introduction générale historique, par JEAN MASCART. Lyon, Audin et Cie, 1925; 1 vol. 24cm,5.

Chemins de fer électriques, par ANDRÉ BACHELLERY. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1925; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. André Blondel.)

The electrolytic separation of magnesium from magnesia, by ICHITARO NAMARI. Sakai, 1924; 1 vol. 26cm.

Thirty years among the dead, by CARL A. WICKLAND. Los Angeles, National psychological Institute, 1924; 1 vol. 23cm,5.

Résumé des travaux et des titres scientifiques de M. MAX RINGELMANN. Paris, Librairie agricole de la Maison rustique, 1925; 1 fasc. 27cm.

Les rayons ultraviolets en thérapeutique, par J. SAIDMANN. Paris, Gaston Doin, 1925; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Daniel Berthelot.)

Fours électriques et chimie, publié sous la direction de PAUL LEBEAU, avec la collaboration de C. BEDEL, A. DAMIENS, P. FLEURY, P. JOLIBOIS, M. PICON, G. RIBAUD, H. WEISS. Paris, Presses universitaires de France, 1924; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. Paul Appell.)

Mémorial des sciences mathématiques. Fascicule II : *Fonctions entières et fonctions méromorphes d'une variable*, par G. VALIRON. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 fasc. 25cm.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT LES TROISIÈME ET QUATRIÈME TRIMESTRES 1924, QUI N'ONT PAS ÉTÉ MENTIONNÉES SUR LES LISTES DES PREMIER ET DEUXIÈME TRIMESTRES. (*Suite.*)

Annals of the New-York Academy of Sciences. New-York.
Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique. Bruxelles.
Annuaire de la Société météorologique de France. Paris.
Annuaire de législation étrangère. Paris.
Annuaire des marées des côtes de France. Paris.
Annuaire général de l'Indo-Chine. Hanoï.
Annuaire statistique. Paris.
Annual report of the naval Observatory. Washington.
Annual report of the director of the Royal Alfred Observatory. Mauritius.
Annual report of the director of the astronomical Observatory of Harvard College. Cambridge (Massachussetts).
Annual report of the managing committee of the Patna Museum. Patna.
Annual report on reforms and progress in Chosen. Keijo.
Anuario del observatorio de Madrid. Madrid.
Anuario meteorologico de Chile. Santiago.
A. O. F. Dakar.
Aperçu statistique du commerce extérieur de la République tchécoslovaque. Prague.
Arbre (L'). Paris.
Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie. Alger.
Archives de médecine et de pharmacie militaires. Paris.
Archives des sciences biologiques (en russe). Leningrad.
Arkiv foer botanik, maternatik, mineralogi, zoologi. Stockholm.
Assemblée générale des actionnaires de la Banque de France. Paris.
Astrological magazine. Madras.
Astronomical journal. Boston.
Astronomiska iakttagelser och undersækningar a Stockholms observatorium. Stockholm.
Atti della pontificia Accademia. Roma.

Atti della reale Accademia delle scienze di Torino. Torino.
Atti e Memorie della reale Accademia di scienze, lettere ed arti. Padova.

Benjamin (*Revue mensuelle*). Paris.
Bergens museums aarbok Aarsberetning. Bergen.
Berichte der Wissenschaften Forschungs-Institute in Odessa. Odessa.
Bibliografia. Barcelona.
Bibliografia general española e hispano-americana. Madrid.
Bibliographie de la France. Paris.
Bibliotheca Universitatis liberæ Polonæ. Warszawa.
Bibliothèque des connaissances médicales. Paris.
Bibliothèque d'éducation scientifique. Paris.
Board of scientific advice for India (*Annual report*). Calcutta.
Boletin de la biblioteca nacional. Caracas.
Boletin de la Sociedad española de excursiones. Madrid.
Boletin de la Universidad. Mexico.
Boletin de pescas. Madrid.
Boletin del cuerpo de ingenieros de minas del Peru. Lima.
Boletin mensual (*Oficina meteorologica nacional*). Buenos-Aires.
Boletin minero. Mexico.
Boletin oficial de la secretaria de agricultura y fomento. Mexico.
Bollettino mensile (*Ufficio idrografico del Po*). Parma.
Budapest szekesfonaros statisztikai evkœnyve. Budapest.
Bulletin astronomique (*Mémoires et variétés*). Paris.
Bulletin bibliographique et pédagogique du Musée belge. Bruxelles.
Bulletin de l'Académie de législation. Toulouse.
Bulletin de l'Académie royale de médecine de Belgique. Bruxelles.
Bulletin de l'Association des bibliothécaires français. Paris.
Bulletin de l'Association technique maritime et aéronautique. Paris.
Bulletin de l'école française d'Extrême-Orient. Hanoï.
Bulletin de l'Institut des hautes études marocaines. Rabat.
Bulletin de l'Institut international de statistique. La Haye.
Bulletin de l'Institut océanographique. Paris.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 MAI 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard**, en déposant sur le Bureau un volume de la part de la *Société des Ingénieurs de New-York*, s'exprime comme il suit :

La Société des Ingénieurs de New-York a fêté, le 4 décembre dernier, le centenaire de la publication du livre : *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, de Sadi Carnot. Divers discours ont été prononcés à cette occasion, en particulier, par notre confrère M. l'ambassadeur Jusserand et M. le professeur Fabry. On les trouvera rassemblés dans ce petit volume. On sait que l'apparition du Mémoire de Carnot marque une date, non seulement dans l'histoire de la science, mais aussi dans l'histoire de la pensée humaine. Comme l'a dit Lord Kelvin, dans toute l'œuvre scientifique du dix-neuvième siècle, il n'y a rien de plus grand que l'œuvre de Sadi Carnot. Nous sommes très reconnaissants à la Société des Ingénieurs américains d'avoir ainsi commémoré cet anniversaire de notre grand compatriote.

NAVIGATION. — *Propriétés générales de la houle satellite simple entretenue par la translation des carènes de formes favorables à leurs grandes vitesses.* Note de M. **F.-E. Fournier.**

1. J'ai expliqué, dans une publication récente [1], que les reliefs de toute carène, de *formes usuelles*, et à étrave droite, entretiennent par leurs

---

[1] *Carènes de formes nuisibles ou favorables à leur grande vitesse*, 1923 (Gauthier-Villars et Cie).

translations en mer calme, une *houle satellite*, *double* ou *simple*, selon qu'ils sont insuffisamment ou suffisamment affinés.

La *houle satellite double* comprend *deux vagues de translation divergentes* résultant : la *première*, du refoulement de la masse liquide par les reliefs de la *proue ;* et, la *seconde*, de son amorçage par les reliefs de la *poupe*, chacune de ces deux vagues étant suivie de son train d'*ondes d'oscillation*.

2. La *houle satellite double* a pour effet, entre autres, de *maintenir l'horizontalité du plan de flottaison* du navire, à toutes ses vitesses ; mais avec cette particularité, qu'à partir d'une vitesse critique, W, son entretien, par la translation de la carène, devient de plus en plus onéreux pour la force motrice, à mesure que V augmente, de W, vers $V = \infty$.

3. La *houle satellite simple* maintient, d'abord, l'*horizontalité du plan de flottaison* du navire ; mais, seulement, jusqu'à une vitesse critique, W, à partir de laquelle cette houle lui imprime une *inclinaison*, θ, *sur l'horizon*, tendant à soulever la carène, en diminuant donc sa profondeur d'immersion moyenne et, par suite, l'*accroissement relatif de la résistance de l'eau à sa translation*.

4. Ayant entrepris une nouvelle analyse expérimentale envisageant, alors, avec les carènes de formes usuelles rapides, de tous tonnages, celles *des canots de course automobiles* extra-rapides, dont le type prépondérant paraît être le *Despujols*, du nom de son habile constructeur, j'ai été conduit à reconnaître que *toutes les carènes*, jouissant de la propriété commune d'entretenir, par leur translation, *une houle satellite simple*, y subissent une *inclinaison* sur l'horizon, θ, de leur *plan de translation*, de longueur L et de largeur l, tendant vers une *limite asymptotique* θ_∞ suivant la *relation générale inédite*,

$$(1) \qquad \theta = \frac{\theta_\infty}{1 + 4\frac{l}{L}\left[\frac{29\,L}{\sqrt{V^4 - W^4}}\right]^{\frac{l}{L}}},$$

et commençant seulement à partir d'une vitesse critique W donnée par la formule

$$(2) \qquad \frac{W}{\sqrt{L}} = 0,756 - 1,404\left(\frac{l^2}{Lp}\right) + 8,2\left(\frac{l^2}{Lp}\right)^2 - 10,338\left(\frac{l^2}{Lp}\right)^3,$$

ou

$$(3) \qquad \frac{W}{\sqrt{L}} = \left(4\frac{l}{L}\right)^{0,238}\left[1 - 4\frac{l}{L}\right]^{0,031};$$

selon qu'il s'agit de la carène d'un navire de *formes usuelles*, ou de celle d'un *canot de course automobile* du type *Despujols*.

5. Quant à la limite asymptotique θ_∞, elle est

$$\theta_\infty = 5°,33 \left(\frac{\sin 5°18'20''}{\sin i}\right)$$

sur la carène de formes usuelles dont les *lignes d'eau* de sa *proue* attaquent la masse liquide sous l'*incidence latérale* moyenne i, à leurs extrémités sur la hauteur de l'*étrave* et

$$\theta_\infty = 5°,77 \left[1 + \sin\frac{\pi}{2}\left(\frac{\Theta}{7°,5}\right)\right]$$

sur la carène d'un canot de course du type *Despujols*, Θ étant l'inclinaison systématique, sur *le plan de flottaison*, de l'*arbre de couche de l'hélice propulsive*, que les constructeurs de ces canots ont été conduits à lui donner, afin qu'il maintienne l'*inclinaison* θ de ce plan, en équilibrant, par la *composante ascendante* de ses impulsions incessantes, le poids de la portion de l'extrémité de la *proue*, *restant entièrement hors de l'eau*, en *porte à faux*, et de plus en plus, à mesure que v croît, de w vers $v = \infty$; à cause de l'allongement et de l'affinement exceptionnels de la proue de ces canots, par le recul de leur maître couple jusqu'à la distance, $\delta = \frac{2}{3}L$, de l'étrave.

6. Par exemple : Dans le cas du *Despujols*, dont les données sont :

$$L = 10^{m}, \qquad l = 2^{m},5, \qquad \frac{l}{4} = 0,25, \qquad w = 0 \quad \text{[d'après (3)]},$$

l'inclinaison atteinte, à sa vitesse maximum, $v = 32,5$ m/s, est $\theta' = 6°58'$.

Dans le cas du contre-torpilleur *Boutefeu*, dont les données sont :

$$i = 6°26', \qquad L = 76^{m},4, \qquad l = 7^{m},55, \qquad \frac{l}{4} = 0,1, \qquad w = 6,92 \text{ m/s} \quad \text{[d'après (2)]},$$

l'inclinaison atteinte, à sa vitesse maximum, $v = 18$ m/s, est $\theta = 3°$.

Dans le cas du croiseur *Edgar-Quinet* dont les données sont :

$$i = 8°26', \qquad L = 157^{m}, \qquad l = 21^{m},5, \qquad \frac{l}{4} = 0,137, \qquad w = 10,47 \text{ m/s} \quad \text{[d'après (2)]},$$

l'inclinaison atteinte, à sa vitesse maximum, $v = 12,36$ m/s, est $\theta = 1°50'$.

Toutes ces inclinaisons étant manifestement de l'ordre des grandeurs observées.

Remarque. — Cette Note conduit à substituer à l'expression (33) de θ, dans *ma première publication*, celle (1) qui vient d'être définie et explique nettement les causes dynamiques des *inclinaisons* et des *vitesses exceptionnelles* atteintes sur les *canots de course automobiles du type Despujols*.

OPTIQUE. — *Sur la taille des surfaces optiques, à sections méridiennes elliptiques ou hyperboliques.* Note de M. **Maurice Hamy.**

On sait qu'un dioptre convexe, taillé dans une matière réfringente d'indice n et plongé dans un milieu d'indice 1, jouit de la propriété d'être rigoureusement aplanétique, pour les rayons parallèles à l'axe, lorsque la surface de révolution qui le limite est une quadrique convenablement choisie.

Si les rayons parallèles se propagent à l'intérieur du milieu d'indice n, la face du dioptre est une nappe d'hyperboloïde. Les rayons convergent au foyer situé dans le milieu d'indice 1, à distance p du sommet de la nappe qui limite le dioptre, à condition que la longueur du demi-axe réel de la surface soit égale à $\frac{p}{n+1}$ et la distance des foyers au centre égale à $\frac{np}{n+1}$.

Lorsque les rayons parallèles se propagent dans le milieu d'indice 1, avant de pénétrer dans celui d'indice n, la face d'entrée du dioptre est un ellipsoïde. Les rayons convergent au foyer le plus éloigné du sommet situé du côté de l'arrivée de la lumière, à distance p de ce sommet, en prenant le demi-grand axe de l'ellipsoïde égal à $\frac{np}{n+1}$ et la distance des foyers au centre égale à $\frac{p}{n+1}$. Quand la surface du dioptre possède son ouverture maxima, c'est-à-dire comprend la moitié de l'ellipsoïde, le demi-angle des rayons les plus inclinés sur l'axe et concourant au foyer a pour tangente $\sqrt{n^2-1}$. Cet angle atteint 96°22′ pour $n = 1,5$, et 102°38′ pour $n = 1,6$. Pratiquement, pour rendre le foyer accessible, il convient de couper le dioptre par une sphère ayant pour centre ce foyer et rencontrant l'ellipsoïde suivant son équateur. La lentille sphéro-ellipsoïdale ainsi constituée a pour épaisseur centrale $\frac{p}{n+1}$. L'association de deux lentilles de ce type, dont les convexités se regardent, est susceptible de fournir un condensateur de lumière parfait et d'une puissance considérable.

Cet exemple, joint à l'emploi, en astronomie, des miroirs hyperboliques convexes, pour accroître la longueur focale des télescopes, montre l'intérêt qui s'attache à la taille des surfaces de verre en forme d'hyperboloïde ou d'ellipsoïde. C'est ce qui m'a conduit à réfléchir aux moyens de réaliser mécaniquement de pareilles surfaces.

On voit immédiatement que le procédé employé pour tailler les surfaces sphériques ne saurait être généralisé. Ces dernières s'obtiennent, comme on sait, en frottant, en tous sens, la pièce à travailler contre des bassins sphériques, en matière tendre, recouverts d'émeri et formant lapidaires. L'opération ainsi conduite réussit, dans la circonstance, à cause de la propriété de la sphère d'être applicable sur elle-même dans toutes les orientations. A supposer que l'on ait construit un bassin affectant la forme d'un ellipsoïde ou d'un hyperboloïde, voudrait-on appliquer un procédé dérivant du précédent à la taille du verre, force serait d'imprimer à la pièce à travailler un mouvement de rotation autour de l'axe de révolution de la surface à réaliser. La production de stries gravées sur le verre, suivant des parallèles, serait alors inévitable et rendrait illusoire le travail exécuté en vue du but à atteindre.

En conséquence, toute machine destinée à tailler une surface optique, par rodage, doit être combinée de façon que la région de l'outil, recouverte d'émeri, agissant sur un point déterminé du verre, change constamment de position et ne revienne que très rarement à sa situation primitive. On peut arriver à un pareil résultat, dans le cas qui nous occupe, en s'appuyant sur une propriété commune à l'ellipse et à l'hyperbole, à savoir que les projections de l'un quelconque des foyers sur les tangentes se trouvent sur le cercle principal ayant comme diamètre l'axe passant par les foyers.

Pour fixer les idées, supposons qu'il s'agisse de tailler une face ellipsoïdale dans un bloc de verre, animé d'un mouvement de rotation rapide autour d'un axe horizontal A. Considérons, dans un plan horizontal H, à distance convenable de A, la projection E de l'ellipse méridienne de la surface à obtenir et un plan vertical mobile V ayant pour trace, sur H, une tangente quelconque à la courbe. Le plan V étant enduit d'émeri et soumis d'ailleurs à des conditions dont il sera question plus loin, en vue d'éviter la formation de stries à la surface du verre, le bloc de verre prendra peu à peu, par usure, la figure que l'on cherche à réaliser et sera progressivement amené au douci et au poli, par l'emploi de poudres mordantes de plus en plus fines, suivant les procédés familiers aux opticiens.

Reste à savoir comment pratiquement le plan V peut être conduit de la façon que l'on vient de dire. En vertu de la propriété rappelée ci-dessus, il faut à cet effet : 1° établir, normalement au plan V, un arbre B, disposé dans le plan H et glissant dans un manchon oscillant autour d'un foyer de l'ellipse E (la fraction du foyer de l'ellipsoïde où les rayons ne se rencontrent pas); 2° relier par une bielle, de longueur réglable, le point de

rencontre de l'arbre B et du plan V, au centre de l'ellipse E. Au début du travail, la bielle doit recevoir une longueur supérieure au demi-grand axe a de l'ellipse E, pour attaquer le bloc de verre, puis être diminuée peu à peu, pour lui faire prendre, au moment du poli, la longueur a.

En vue d'éviter la formation de stries, sur la surface, il convient d'animer le plan V d'un double mouvement de rotation sur lui-même. A cet effet : 1° l'arbre B doit tourner avec une vitesse qui n'a pas besoin d'être rapide; 2° au lieu de caler le plan V, sur l'arbre B, il faut le faire tourner également autour d'un axe secondaire, entraîné par B et disposé parallèlement à quelques centimètres.

La réalisation d'une machine, fondée sur les considérations qui précèdent et munie des organes propres à faire varier à volonté le grand axe de l'ellipse et la distance des foyers au centre, ne présenterait pas de difficulté particulière.

SPECTROSCOPIE. — *Recherches complémentaires sur la structure et la distribution des spectres de bandes.* Note de M. **H. Deslandres.**

I. En 1919, j'ai signalé 34 spectres de bandes distincts, qui sont unis par une relation simple. La fréquence de leur partie la plus brillante est, à une faible différence près, un multiple d'une même fréquence élémentaire, égale à 1062,5 (et désignée par la lettre d_1) [1]. Les spectres sont dus aux corps simples de la chimie organique, carbone, azote, oxygène, et aux composés gazeux les plus simples qu'ils forment entre eux ou avec l'hydrogène. Depuis j'en ai trouvé six autres, ayant la même origine et la même propriété, dans les publications sur les mesures spectrales, de plus en plus nombreuses; leur nombre total s'élève ainsi à 40. Dans l'ensemble, 16 d'entre eux sont des spectres d'absorption, les autres sont d'émission ; de plus, on en compte 29 dans les régions lumineuse et ultraviolette et 11 dans l'infrarouge.

La relation précédente entre les maxima de lumière a été reconnue sur une longueur déjà grande de l'échelle spectrale, au moins 6 octaves ; il convient seulement de rappeler que les deux parties principales, lumineuse ultraviolette et infrarouge, rapprochées par la loi, sont observées en réalité dans des conditions très différentes. Avec la région lumineuse ultraviolette,

---

(1) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 745 et 1361.

on dispose de l'œil et de la plaque photographique, extrêmement sensibles, qui décèlent des lumières très faibles; on peut employer des appareils puissants, de forte dispersion, qui résolvent les bandes en leurs derniers éléments, en raies fines très rapprochées. Bref, les fréquences ν des radiations d'un même spectre de bandes ont été représentées par une ou plusieurs formules, ayant la forme générale suivante ([1]) :

$$\nu = \left[F(np) \times m^2 + f(np) \times m\right] + \left[\frac{B}{2} \times n^2 + b_1 n\right] - \left[\frac{C}{2} \times p^2 + c_1 p\right] + K,$$

m, n, p étant les nombres entiers successifs, F et f des fonctions simples, B, C, b_1, c_1, K étant des constantes. Tous les spectres de bandes connus peuvent être rapportés à ces formules, plus ou moins simplifiées.

La formule précédente à trois variables met bien en relief la complexité de ces spectres, formés par trois groupes de vibrations qui s'ajoutent ou se retranchent. On en a donné cependant une explication satisfaisante, inspirée par la théorie des quanta et développée actuellement par de nombreux auteurs, en faisant, il est vrai, plusieurs hypothèses qui peuvent ne pas correspondre à la réalité. D'ailleurs un même corps, l'azote par exemple, a plusieurs spectres de bandes distincts, et le terme K de la formule peut être considéré comme variable. Ce terme représente la fréquence de la raie origine ou de la raie obtenue en donnant la valeur 0 aux trois variables m, n et p. Or je choisis pour raie origine la raie d'intensité maxima; on a donc $K = qd_1$, q étant un nombre entier et d_1 la fréquence élémentaire. Le spectre de l'azote dépend ainsi de quatre variables, et il sera bien difficile de remonter exactement aux causes premières du phénomène.

Dans la région infrarouge, d'autre part, l'étude expérimentale est beaucoup moins avancée; nous n'avons pas encore un détecteur très sensible pour les rayons calorifiques; et, avec les prismes employés le plus souvent, la dispersion est très petite. Les raies et même les bandes d'un même spectre ne sont plus séparées, mais réunies dans un même bloc large; on mesure seulement la fréquence du sommet de ce bloc, ou de la partie la plus intense. Cette donnée suffit pour la loi précédente qui rapproche les fréquences maxima de tous ces spectres, de l'infrarouge à l'ultraviolet.

([1]) DESLANDRES, *Comptes rendus*, **104**, 1887, p. 972; **134**, 1902, p. 747; **168**, 1919, p. 861 et 1179; **169**, 1919, p. 593, 745 et 1365

Récemment, l'emploi de réseaux spéciaux a assuré une dispersion plus grande, et la bande-bloc infrarouge a montré quelques divisions. En général, elle s'annonce comme plus simple que le spectre de bandes lumineux; elle dépendrait non plus de trois variables, mais seulement de deux. Souvent elle apparaît double avec deux maxima très voisins que sépare une partie un peu moins forte; elle peut alors être rapprochée de la bande ultraviolette du gaz ammoniac, mesurée avec soin par Fowler, considérée dans sa région comme exceptionnelle, qui offre le même caractère. On peut aussi, toutes proportions gardées, la comparer à la raie renversée et large des spectres de lignes. Dans le tableau inséré ci-après, les bandes de ce type sont désignées par les lettres do.; la fréquence indiquée est celle du milieu entre les deux maxima.

Dans l'ensemble, les fréquences maxima de ces 40 spectres de bandes se présentent comme les harmoniques d'une même vibration fondamentale; de plus, fait important, la même loi a été étendue récemment aux spectres de lignes (1). En 1924, j'ai indiqué 58 raies, dues aux vingt premiers corps simples et les plus fortes de leur spectre de lignes, qui sont aussi, à de faibles différences près, les multiples de la fréquence 1062,5. La relation est nette surtout avec l'hélium et avec les corps simples dont le poids atomique est un multiple de 4. J'ai émis l'idée que la fréquence fondamentale était liée au noyau de l'hélium qui se retrouve dans les noyaux de tous les corps simples.

II. La question prend donc une ampleur de plus en plus grande, et doit retenir l'attention. Récemment j'ai repris l'étude des spectres de bandes, pour élucider plusieurs points encore obscurs des premières recherches.

Les spectres examinés en 1919 étaient dus à des gaz de structure simple, les corps composés étant l'oxyde de carbone, le gaz ammoniac, et la vapeur d'eau. Pour H^2O en particulier, j'ai noté d'abord une bande (ou bloc de bandes) très forte, qui est un multiple de d_1, puis trois bandes qui correspondent à des fractions simples de d_1, et sont représentées par $K = q\frac{d_1}{r}$, r étant un second nombre entier; mais d'autres bandes du même corps restaient en dehors. Je me suis proposé d'examiner pour chaque corps non plus quelques bandes privilégiées, mais toutes les bandes, et de rechercher les relations qui les unissent, en profitant des mesures récentes, plus précises que les anciennes. Les premiers résultats sont résumés dans le tableau

(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 5 et 1006.

ci-dessous, qui montre un accord du spectre entier avec la fréquence élémentaire pour plusieurs gaz choisis parmi ceux qui ont la composition chimique la plus simple. Ces bandes sont d'absorption et l'on a ajouté deux bandes d'émission, particulièrement intéressantes, désignées par la lettre E.

BANDES D'ABSORPTION INFRAROUGES COMPARÉES AUX MULTIPLES OU SOUS-MULTIPLES DE d_1 (1062,5).

Longueur d'onde en μ.	Intensité d'absorption de 10 à 1; 10 étant la plus forte.	Nombre de vibrations.	Comparaison avec d_1 ou 1062,5.	Noms des observateurs (¹).
		Oxygène.		
4,7	3	2125	$= 2d_1 + 0$	Coblentz, 1905
3,1	3	3226	$= 3d_1 + 39$	
0,31374 (²)	″	31874	$= 30d_1 - 1$	Fowler, 1917
		Oxyde de carbone CO.		
4,67 do........	4	2141	$= 2d_1 + 16$	Shefer et Thomas, 1920
2,35	1	4250	$= 4d_1 + 5$	
1,573	0,5	6357	$= 6d_1 - 15$	
0,4276 E (³)....	″	23386	$= 22d_1 - 11$	Baldet, 1924
		Acide cyanhydrique HCN.		
13,94 do........	9	717,3	$= 2d_1/3 + 11$	Burmeister, 1913
7,08 do........	7	1412	$= 4d_1/3 - 5$	Barher, 1924
4,73 do........	1	2112,5	$= 6d_2/3 - 12$	
3,564	0,5	2806	$= 8d_1/3 - 27$	
3,04	5	3289	$= 28d_1/9 - 16$	

(¹) Coblentz, *Publications of the Carnegie Institution*, 1905; Fowler, *Proceed. Roy. Soc.*, 93, 1917, p. 583; *Phil. Trans.*, 218, 1918, p. 351; Shefer et Thomas, *Zeits. f. Phys.*, 12, 1920, p. 330; Barker, *Phys. Rev.*, 23, 1924, p. 200; Shielkork, *Zeits f. Phys.*, 31, 1925, p. 273; Hettner, *Ann. de Phys.*, 55, 1918, p. 476, et *Zeits. f. Phys.*, 1, 1920, p. 365, et 31, 1925, p. 273; Holger Witt, *Zeits. f. Phys.*, 28, 1924, p. 236 et 249.

(²) La bande 0μ,313 est une bande maxima du spectre d'absorption de l'ozone.

(³) La bande 0μ,427 est une bande maxima du spectre des queues cométaires.

Longueur d'onde en μ.	Intensité d'absorption de 10 à 1; 10 étant la plus forte.	Nombre de vibrations.	Comparaison avec d_1 ou 1062,5.	Noms des observateurs.
		Gaz ammoniac NH^3.		
12,77	4	783	$= 3d_1/4 - 14$	Shielkork, 1924
9,345 do	9	1070	$= 4d_1/4 - 7,5$	Shielkork, 1924
6,32 do	9	1582	$= 6d_1/4 - 12$	Shielkork, 1924
2,938 do	8	3437	$= 13d_1/4 - 16$	Shielkork, 1924
2,22 do	8	4505	$= 17d_1/4 - 11$	Shielkork, 1924
1,935	5	5168	$= 19d_1/4 - 21$	Shielkork, 1924
1,643	1	6086	$= 23d_1/4 - 23$	Shielkork, 1924
1,298	0,5	7704	$= 29d_1/4 + 2$	Shielkork, 1924
10,492 do	9,5	953	$= 7d_1/8 + 23$	Shielkork, 1924
5,709 do	9	1752	$= 13d_1/8 + 25$	Shielkork, 1924
3,896	1	2567	$= 19d_1/8 + 44$	Shielkork, 1924
11,686	8,5	856	$= 13d_1/16 - 11$	Shielkork, 1924
1,493	4	6698	$= 101d_1/16 - 2$	Shielkork, 1924
0,33604 E (1)	//	29758	$= 28d_1 - 8$	Fowler, 1918
		Vapeur d'eau H^2O (2).		
3,154 do	4	3171	$= 9d_1/3 - 16$	Hettner, 1918 et 1920
1,870	8,5	5347	$= 15d_1/3 + 35$	Hettner, 1918 et 1920
1,128	1,5	8865	$= 25d_1/3 + 11$	Hettner, 1918 et 1920
0,944	0,5	10593	$= 30d_1/3 - 33$	Hettner, 1918 et 1920
6,26 do	10	1597	$= 9d_1/6 + 3$	Hettner, 1918 et 1920
2,66 do	10	3759	$= 21d_1/6 + 40$	Hettner, 1918 et 1920
1,37 do	7,5	2299	$= 41d_1/6 - 39$	Hettner, 1918 et 1920
56,6	//	176,7	$= d_1/6 - 0,4$	Holger Witt, 1924
69,6	//	143,7	$= 2d_1/15 + 2$	Holger Witt, 1924
83	//	120,5	$= d_1/9 + 2,5$	Holger Witt, 1924
112,8 do	//	88,6	$= d_1/12 + 0,1$	Holger Witt, 1924
167	//	59,88	$= d_1/18 + 0,85$	Holger Witt, 1924
		Méthane CH^4.		
7,7	7	1298	$= 6d_1/5 + 23$	Coblentz, 1905
3,31	4,5	3621	$= 14d_1/5 + 46$	Coblentz, 1905
2,35	1,5	4250	$= 20d_1/5 + 0$	Coblentz, 1905

(1) La bande $0^{\mu},336$ est une bande d'émission du gaz ammoniac, qui est un multiple exact de d_1. Cette bande est, par la structure, comparable aux bandes infrarouges marquées do. (double) sur le tableau.

(2) Hettner, dont j'ai adopté les mesures et les nombres de $0^{\mu},9$ à 7^{μ}, a représenté les bandes de la vapeur d'eau dans cette région par une formule basée sur le principe de combinaison. Les écarts entre les nombres calculés avec cette formule et les nombres observés sont plus grands que ceux du tableau ci-dessus.

Le corps qui absorbe la lumière choisit lui-même les radiations qui lui conviennent, et subit ainsi, semble-t-il, la contrainte minima. Il est indiqué d'étudier d'abord dans l'infrarouge l'absorption des gaz légers qui sont des corps simples, des gaz hydrogène, hélium, azote, oxygène; l'hélium surtout, pour les raisons indiquées plus haut, offre un intérêt puissant. Or nous ne connaissons encore le spectre d'absorption que pour l'oxygène, étudié en 1905 par Coblentz, et sur la petite épaisseur de 7^{cm}. Le spectre, il est vrai, est remarquable; il est constitué par deux bandes, qui sont dans le rapport des nombres 2 et 3. Très frappé par cette propriété, j'ai pensé que la fréquence 1 devait exister, et, après l'avoir retrouvée dans le gaz ammoniac, très différent de l'oxygène, j'ai compris qu'elle était d'intérêt général, ce que les recherches ultérieures ont vérifié de toutes les manières. L'oxyde de carbone, étudié ensuite, offre les fréquences 2, 4 et 6; il est formé de deux corps simples, dont les poids atomiques sont divisibles par 4.

L'acide cyanhydrique (HCN), d'autre part, donne un résultat nouveau. Les quatre premières fréquences croissent comme les nombres 2, 4, 6, 8 : mais elles ne sont pas des multiples de d_1, elles sont des multiples du tiers de d_1, de $d_1/3$. Or, le corps composé a justement trois atomes, et le dénominateur 3 pouvait être imposé par le nombre des atomes.

J'ai examiné aussitôt à ce point de vue les spectres d'absorption du gaz ammoniac (NH^3), de la vapeur d'eau (H^2O) du méthane (CH^4), et la même dépendance a été constatée. Le gaz ammoniac a huit bandes qui sont des multiples de $d_1/4$; la vapeur d'eau, avec 3 atomes, à quatre bandes rattachées à $d_1/3$; et le gaz méthane qui a 5 atomes offre trois bandes qui, à de faibles différences près, sont des multiples de $d_1/5$. Cependant toutes les bandes ne sont pas représentées de cette manière; avec NH^3, il en reste cinq qui ne s'accordent pas avec un multiple de $d_1/4$; mais le tableau montre qu'on peut les rattacher à un sous-multiple, trois bandes à $d_1/8$, et deux à $d_1/16$. Même résultat avec la vapeur d'eau; il faut seulement faire des réserves pour cette seconde partie du tableau. Lorsque la quantité répétée plusieurs fois diminue, il est plus facile de rattacher un nombre quelconque à un de ses multiples; on doit alors exiger que les écarts entre les nombres calculés et observés diminuent dans la même proportion, ce qui est réalisé pour la grande majorité de ces bandes.

Bref, pour les six gaz du tableau, choisis parmi les plus légers et les plus simples, les bandes d'absorption peuvent être représentées par la formule $K = q \frac{d_1}{r \times s}$, s étant un troisième nombre entier égal au nombre des

atomes dans la molécule (¹). La loi de distribution est donc assez simple; j'admets d'ailleurs qu'on applique à ces bandes le principe de combinaison, comme l'a fait déjà avec succès Hettner; plusieurs bandes faibles s'expliquent bien comme étant la somme de bandes fortes.

Il reste à reconnaître dans quelle mesure la loi s'étend aux autres spectres d'absorption, aux spectres de corps plus complexes; le plus souvent des mesures nouvelles, plus précises, seront nécessaires. Avec les gaz plus lourds, dans un premier examen, il a semblé que le nombre des anneaux d'électrons dans l'atome devait entrer en ligne de compte. Vraisemblablement cette étude fournira des données nouvelles sur la structure de la molécule et de l'atome.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Comment agissent les températures élevées, compatibles avec la vie, sur le développement des cellules.* Note de M. **Marin Molliard.**

Considérons comme objet de recherche le *Sterigmatocystis nigra;* on sait que cette Mucédinée présente une vitesse de développement maxima à une température d'environ 36° C.; si les cultures sont réalisées à des températures plus élevées, s'étageant entre 36° et 44°, on observe une diminution progressive de la vitesse en question; en même temps le mycélium acquiert une série de caractères très particuliers.

Alors que les cellules formées à 36° sont allongées, très intriquées, constituant un mycélium compact et cassant, celles qui apparaissent vers 42°-44° sont renflées, vésiculeuses et souvent de dimensions géantes; leur mycélium cesse d'être cassant et a le même aspect que celui qui se développe à 36° dans un milieu à réaction franchement acide, contenant par exemple une quantité appréciable d'acide chlorhydrique libre; rappelons d'autre part qu'une allure identique se manifeste pour le mycélium de *Sterigmatocystis nigra* se développant en présence d'une très faible quantité de potassium.

La membrane cellulaire reste incolore en présence de l'iode lorsqu'il s'agit d'un mycélium développé à 36°; elle prend au contraire une coloration bleue très intense quand on fait agir l'iode sur des cellules développées

(¹) Les bandes pour lesquelles q est un multiple de $r \times s$ sont celles déjà annoncées en 1919. D'autre part les bandes de l'oxygène et de l'oxyde de carbone, présentées ci-dessus comme des multiples de d_1, peuvent être considérées comme étant des multiples de $d_1/2$.

à une température de 40°-44°; il en est de même du liquide de culture et nous nous trouvons encore en présence d'un caractère qui apparaît à la température ordinaire lorsque le liquide de culture est suffisamment acide.

En troisième lieu, le mycélium reste stérile à des températures voisines de celle qui arrête tout développement; on peut montrer qu'il ne s'agit pas d'ailleurs ici de l'intervention d'une acidité particulière qui se trouverait réalisée dans le milieu nutritif; si nous faisons en effet se développer des cultures à 36°, que nous soutirions le liquide pour le remplacer par de l'eau pure, puis que nous portions certaines de ces cultures à 43°, les autres étant maintenues à 36°, nous constatons que les premières se couvrent rapidement de conidies alors que les secondes restent absolument stériles. Ici encore nous obtenons par l'action d'une température élevée un caractère morphologique qui apparaît à 36° lorsque le liquide est suffisamment acide ou lorsqu'il ne contient qu'une très faible quantité de potassium.

Enfin mon attention a été attirée sur la variation de la teneur en cendres de mycéliums développés à des températures comprises entre 36° et 44°; pour des poids comparables de mycélium, cette teneur, rapportée à 100 de matière sèche, présente les valeurs suivantes, nettement décroissantes avec la température :

Températures des cultures.....	36°	38°	40°	42°	43°	44°
Teneur en cendres pour 100....	3,67	2,68	2,38	1,37	1,00	0,72

Si le mycélium développé à 44° vient à être porté à une température un peu supérieure il cesse de s'accroître et sa teneur en cendres prend une valeur d'environ 4 pour 100; il s'agit alors de l'intervention d'une température mortelle.

Les cendres obtenues à partir des mycéliums qui ont effectué leur croissance aux diverses températures considérées offrent des caractères très différents, indiquant que leur composition est également modifiée; celles qui correspondent à 36°-40° sont facilement fusibles, elles contiennent toujours un peu de carbone non brûlé, elles sont très hygroscopiques; celles qui proviennent de mycéliums développés à 43°-44° sont absolument blanches, non hygroscopiques et non fusibles; nous retrouvons encore ici des faits en tout points comparables à ceux que nous avons signalés précédemment à propos de l'action de milieux acides sur le *Sterigmatocystis nigra*.

Il nous paraît intéressant de mettre en évidence cette convergence de caractères présentés par une même cellule sous l'action des températures élevées, des acides libres ou par inanition potassique; c'est cette dernière

condition qui nous paraît agir en fin de compte dans tous les cas; elle intervient directement lorsque l'on prive le liquide nutritif de potassium; les autres conditions agissent, d'une manière d'ailleurs indépendante, en provoquant une inanition minérale par une diminution de la perméabilité de la membrane cytoplasmique; si les cellules du *Sterigmatocystis nigra* cessent de présenter toute croissance à 45°; comme elles cessent leur développement à 36° en présence d'une acidité suffisante, il semble bien que ce soit sous l'action d'une même cause profonde, consistant dans l'imperméabilité complète du protoplasme vis-à-vis des substances minérales.

Que le mycélium venant à subir une température de 45° présente une teneur en cendres supérieure à celle qui est réalisée à 36°, cela tient de toute évidence à ce qu'alors la membrane cytoplasmique a perdu les propriétés qu'elle possède tant qu'elle reste vivante et se laisse traverser, sans aucune élection, par toutes les substances.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la coagulation de la caséine en présence des sels de chaux en solution acide.* Note de M. L. LINDET.

La Note que je présente d'autre part au nom de M. Porcher (ci-après, p. 1534) m'engage à publier dès à présent certaines expériences relatives au rôle des sels de chaux, en présence des acides, sur la coagulation de la caséine.

Le caillage spontané du lait n'est pas dû au seul fait que les ferments lactiques l'ont acidifié; il tient à ce que l'acide lactique formé a dissous la chaux qui minéralisait la caséine, qu'elle soit à l'état de caséinate ou de phosphate, ou que ce phosphate ait été formé, aux dépens des phosphates alcalins, par l'addition de chlorure de calcium, que j'ai préconisé en 1913 et qui se répand de plus en plus en fromagerie; voici l'expérience type :

On précipite par exemple de la caséine d'un lait écrémé par de l'acide lactique (environ 6g par litre), on lave le précipité et on le traite par la même quantité d'acide lactique et à la même dilution que tout à l'heure. On constate qu'il passe dans les filtrats plus de chaux que d'acide phosphorique, celui-ci semblant spécialement retenu par la caséine, à ce point que la caséine qui, au début, renfermait 3,50 à 3,55 d'acide phosphorique et 3,10 à 3,80 pour 100 de chaux, ne conserve plus que 2,10 à 2,02 d'acide phosphorique et 1,50 à 0,89 pour 100 de chaux; si ces deux éléments étaient groupés de façon à constituer du phosphate de chaux, la formule de

ce phosphate, au lieu d'être $(PO^4)^2Ca^{2,2-2,6}$, ne serait que $(PO^4)^2Ca^{1,86-1,13}$.

De plus, la caséine, qui, jusqu'ici, était restée porcelanée, se montre, en présence de l'acide lactique en excès et, au fur et à mesure que la chaux se solubilise, translucide et se transforme en gelée, qui, si elle n'est pas trop chargée en caséine colloïdale, filtre à travers le papier.

Il suffit, pour faire reprendre à la caséine son aspect coagulé, d'ajouter du chlorure de calcium qui la précipite intégralement, tandis que le sel de calcium passe entièrement dans les liqueurs; le phénomène est donc bien purement physique. La caséine ainsi précipitée retient encore, par adsorption, à peu près la même dose d'acide phosphorique qu'avant l'addition de chlorure de calcium, tandis que la chaux, encore adhérente, a été complètement dissoute par l'acide lactique, à la suite de cette nouvelle coagulation, comme le montre le tableau suivant :

	Gelées contenant par litre			
	101g de caséine		58g de caséine.	
	Pour 100 de la caséine		Pour 100 de la caséine	
	avant $CaCl^2$.	après $CaCl^2$.	avant $CaCl^2$.	après $CaCl^2$.
P^2O^5	2,10	2,16	2,02	1,88
CaO	1,50	0,02	0,89	0,00
Formule correspondante.	$(PO^4)^2Ca^{1,86}$	$(PO^4)^2Ca^{0,4}$	$(PO^4)^2Ca^{1,13}$	$(PO^4)^2Ca^0$

Il semble donc que le lait, qui est par lui-même très légèrement acide (moins de 2g d'acide lactique par litre), est sur la limite de la coagulation; or, cette acidité n'a pas encore dissous assez de chaux pour faciliter la coagulation; mais que l'acidité augmente spontanément ou artificiellement, que l'on échauffe le lait, et dès lors le caséino-phosphate de chaux en présence de l'acide provoque la coagulation de la caséine; mais l'acide seul est impuissant, puisque, au contraire, il le dissout. Malheureusement on ne saurait mesurer cette solubilité, parce qu'elle est colloïdale et qu'elle dépend du filtre qui pourrait être employé.

On peut substituer tous les acides à l'acide lactique pour la décalcification de la caséine, de même que la caséine, une fois en gelée, peut être reprécipitée par un sel de chaux, du phosphate ou de l'oxalate dissous dans l'acide acétique, du sucrate, du citrate, du phénate, etc.

L'acide phosphorique coagule naturellement le lait, et dans le sérum écoulé on retrouve du phosphate bibasique, ne réagissant pas à l'hélianthine; l'addition d'acide phosphorique sur le caillé le transforme également en gelée très pauvre en chaux, que le chlorure de calcium précipite de nouveau intégralement, sans laisser de traces dans la caséine.

BOTANIQUE. — *Sur la culture d'une Algue phéosporée épiphyte,* Strepsithalia Liagoræ *Sauv*. Note [1] de M. C. SAUVAGEAU.

J'ai fait connaître en 1896 le genre *Strepsithalia* [2] d'après des matériaux (échantillons d'herbier et fragments de l'hôte conservés dans l'alcool) recueillis par Thuret et Bornet, à Guéthary (Basses-Pyrénées). J'en ai décrit deux espèces épiphytes, d'ailleurs fort voisines, *S. curvata*, sur l'*Helminthocladia purpurea*, et *S. Liagoræ* sur le même support et sur le *Liagora viscida*. Deux ans plus tard, après avoir moi-même récolté le *S. Liagoræ*, j'ai ajouté quelques renseignements à ma description [3].

La fréquence de l'*Helminthocladia* est irrégulière à Guéthary [4], mais le *Liagora* y apparaît chaque année vers le milieu du printemps, devient rare à la fin d'août et disparaît en septembre; le *S. Liagoræ* y constitue des taches dont la teinte varie, suivant leur âge, du jaune brun clair au brun très foncé [5]; il y est commun et fructifie abondamment.

Tandis que les individus étudiés en 1896 présentaient parfois simultanément les deux sortes de sporanges [6], tous ceux de mes récoltes, que j'ai examinés, m'ont offert uniquement l'une ou l'autre sorte; toutefois, des pulvinules porteurs d'organes reproducteurs différents sont parfois contigus ou mélangés, mais les sporanges uniloculaires paraissent être beaucoup plus communs que les autres, tout au moins au mois d'août.

Mes premiers essais de culture datent de 1921 : deux vieux *Helminthocladia*, récoltés le 4 août, étaient pourvus du *Strepsithalia;* sur l'un, les deux sortes de sporanges étaient plus ou moins mélangées; sur l'autre, l'épiphyte présentait uniquement des sporanges uniloculaires. J'ai conservé plus de deux mois et en bon état, mais sans fructification, des plantules provenant de ceux-ci; cet épiphyte croît donc bien en captivité.

---

[1] Séance du 4 mai 1925.

[2] *Sur le* Strepsithalia, *nouveau genre de Phéosporée* (*Journ. de Bot.*, 10, 1896, p. 53-65).

[3] *Sur quelques Myrionémacées* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 8e série, 5, 1898, p. 21).

[4] *Sur la dissémination et la naturalisation de quelques Algues marines* (*Bull. Institut océanographique*, n° 342, 1918, p. 21).

[5] Ces taches sont fréquemment allongées en bande sur une face seulement du *Liagora*, et cela sur divers points de sa longueur. Les individus frais, étudiés dans l'eau de mer, ne sont pas entourés d'une abondante gelée comme lorsque, après avoir été conservés dans l'alcool, ils sont étudiés dans l'eau douce.

[6] *Loc. cit.*, p. 9 et 13.

Les 11 et 12 août 1923, l'examen de nombreux *Liagora* m'a montré seulement deux *S. Liagoræ* porteurs de sporanges pluriloculaires; tous les autres étaient munis uniquement de sporanges uniloculaires. Le 26 août, alors que le *Liagora* devenait rare, j'ai vu seulement des sporanges uniloculaires; ces derniers m'ont servi à établir deux cultures cellulaires. Les zoospores, munies d'un seul chromatophore, fournissent des embryospores arrondies de 6^{μ}; celles-ci germent promptement en tube de 3^{μ}; le filament rampant s'élargit en s'allongeant, se ramifie irrégulièrement, porte çà et là des filaments couchés ou dressés, plus ou moins flexueux dont les cellules ont l'irrégularité des filaments rampants. Les plantules se développèrent très bien, s'enchevêtraient et il devint bientôt impossible de distinguer ce qui appartenait à l'une ou à l'autre; huit mois plus tard, en avril 1924, elles formaient un épais feutrage stérile. Cependant, tandis que certains filaments restaient cylindriques, d'autres se modifiaient peu à peu; leurs cellules se gonflèrent, devinrent doliiformes ou plus ou moins arrondies, le chromatophore diminua d'importance relative, la fucosane devint plus abondante et en globules plus gros. En août suivant, le feutrage s'affaissait sans avoir fructifié, les cellules disposées en chapelets montraient une tendance à s'isoler, les cultures dépérissaient et semblaient se préparer à revêtir un état quiescent comme celui que j'ai constaté chez un *Mesogloia* (¹). Pour essayer de les raviver, le 21 août 1924, je remplaçai l'eau de mer ordinaire par de l'eau renfermant $1^{g},5$ de nitrate de soude par litre, et une trace de phosphate de chaux, recommandée par Kylin. Ce fut pour elles un stimulant très actif; la plupart des cellules arrondies formèrent, comme si elles germaient, perpendiculairement au filament primitif, un filament de croissance rapide, l'ensemble constituant un nouveau feutrage qui, dès le milieu de septembre, me fournit quelques sporanges pluriloculaires identiques à ceux dont il est question plus loin.

En 1924, j'ai établi de nombreuses cultures cellulaires avec des sporanges pluriloculaires et des sporanges uniloculaires récoltés le 15 août. Les pulvinules portant les premiers provenaient d'un *S. Liagoræ* envahissant un vieux *Nemalion lubricum* sur une longueur de 1^{cm}; les seconds furent pris sur le *Liagora*. Une fois les embryospores adhérentes, j'ai vérifié que les parcelles ayant fourni les déhiscences étaient pures de tout mélange, et les lames de verre furent placées dans la solution de Kylin.

(¹) *Sur l'état quiescent prolongé d'une Algue phéosporée éphémère* (*Comptes rendus*, 176, 1923, p. 478).

Ces cultures comparatives permettent de dire que le *Strepsithalia* ne présente pas l'*hétéroblastie* que j'ai fait connaître chez divers *Castagnea* et *Ascocyclus* (¹). Les zoospores des sporanges pluriloculaires fournissent des embryospores un peu plus larges que celles des sporanges uniloculaires; aucune ne m'a montré deux points rouges. Les unes et les autres germent en filament rampant qui se ramifie; déjà au milieu de septembre des filaments mesuraient 1200^{μ} à 1500^{μ} de longueur. Après quelques mois, mes cultures, qui avaient débuté dans une goutte d'eau, constituaient un feutrage large de 2^{cm} et épais de 1 à 2^{mm} d'où sortaient des poils longs et nombreux munis d'une courte et mince collerette basilaire (²).

Elles restèrent néanmoins assez longtemps stériles et quelques rares sporanges pluriloculaires apparurent seulement en décembre; à la fin de février 1925, ils étaient nombreux dans certaines cultures, tandis que d'autres cultures restaient presque stériles; mais à la fin d'avril toutes en étaient abondamment pourvues et les sporanges pluriloculaires vidés y étaient infiniment plus nombreux que les sporanges pleins, comme si la fructification touchait à sa fin; d'ailleurs, la structure toruleuse de beaucoup de filaments indique le déclin des cultures. Ces sporanges généralement simples, parfois ramifiés soit à leur base, soit à un niveau variable de leur hauteur, sont pédicellés ou sessiles et dans ce cas leur cellule basilaire, appartenant au filament, vide aussi parfois son contenu. Leur longueur moyenne dépasse celle qu'ils atteignent quand le *Strepsithalia* croît sur une Némaliée, car les sporanges longs de 90^{μ} sur 9^{μ} de plus grande largeur ne sont pas rares. Je n'ai pas assisté à leur déhiscence, mais les zoospores produisent des plantules de seconde génération qui paraissent identiques à celles de première génération.

Quelques-unes des plantules de seconde génération, nées en décembre, montraient déjà des sporanges pluriloculaires vidés à la fin de février; à la fin d'avril, deux de mes cultures en possédaient beaucoup, tandis que celles des autres cultures étaient encore stériles. Quoi qu'il en soit, les plantules de seconde génération, bien que nées dans les mêmes vases de culture, sont donc plus rapidement fertiles que celles de première génération. En aucun point je n'ai vu de sporanges uniloculaires. Mes cultures ravivées de 1923,

(¹) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1381 et 1576.

(²) Cette collerette caliciforme, témoin d'une origine endogène du poil, existe aussi sur les plantes récoltées dans la nature, où je ne l'ai pas remarquée autrefois (*Myrionémacées*, *loc. cit.*, p. 47).

qui avaient fructifié dès septembre 1924, vivaient encore en avril dernier; leurs plantules de seconde génération avaient elles-mêmes fructifié, mais à cause de l'encombrement des plantules et des Diatomées, je ne puis décider si elles ont fourni des plantules fertiles de troisième génération.

Ainsi, la culture de zoospores des sporanges uniloculaires et des sporanges pluriloculaires, pris dans la nature, m'a fourni des plantules, semblables entre elles, dont les organes reproducteurs de première et de seconde génération furent uniquement des sporanges pluriloculaires. Elles ressemblaient à un vigoureux *Streblonema*, et le faible dimorphisme qui les sépare des individus épiphytes de la nature pourrait, à la rigueur, être attribué à leur croissance en captivité. Ces cultures contribuent à expliquer comment le *S. Liagoræ* se maintient pendant l'hiver et peut envahir les Némaliées qui apparaissent au printemps. Toutefois, à la fin d'avril dernier, alors que j'avais déjà obtenu deux générations de sporanges pluriloculaires déhiscés, les *Liagora, Helminthocladia* et *Nemalion* n'avaient pas encore paru sur les rochers de Guéthary; si les choses se passent dans la nature comme dans mes cultures, c'est que les germes qui ensemenceront ces Némaliées proviendront d'une troisième, sinon d'une quatrième génération.

M. CH. LALLEMAND fait hommage à l'Académie de publications de la Section de Géodésie, de l'Union géodésique et géophysique internationale : *Comptes rendus de la première Assemblée générale, réunie à Rome en mai* 1922, rédigés et publiés par le secrétaire le colonel GEORGES PERRIER avec plusieurs fascicules du *Bulletin géodésique*.

M. MAURICE DE BROGLIE fait hommage à l'Académie d'une édition, par lui refondue et augmentée de trois chapitres, de l'ouvrage de LUCIEN POINCARÉ, intitulé : *La Physique moderne, son évolution*.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la place d'Astronome titulaire vacante à l'Observatoire de Paris, pour la première ligne, M. *Jules Baillaud* obtient 39 suffrages, contre 6 à M. *Pierre Salet* et 3 à M. *P. Fatou*. Il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. *Pierre Salet* obtient 35 suffrages contre 6 à M. *Lambert* et 1 à M. *Fatou*.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Jules Baillaud**.
En seconde ligne. . . . . M. **Pierre Salet**.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Rey** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Division des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Ch. Rabut*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le métabolisme de base : Physiologie*, par Émile-F. Terroine; *Pathologie*, par Edgard Zunz. (Présenté par M. Henneguy.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Généralisation d'une inégalité de A. Markoff.* Note [1] de M. **V. Romanowsky**, transmise par M. Émile Borel.

L'éminent géomètre russe A. Markof, dans son *Calcul des probabilités* (en russe, p. 61 de la 3e édition), en démontrant les inégalités célèbres de Tchebycheff, se sert de la proposition suivante :

Si une variable u ne prend que des valeurs positives, ayant chacune une probabilité définie, et si A désigne espérance mathématique de u et t un nombre quelconque, la probabilité de l'inégalité $u \leqq At^2$ est plus grande que $1 - \frac{1}{t^2}$.

Cette proposition peut être mise dans la forme

$$(1) \qquad P(u \leqq \alpha) > 1 - \frac{E(u)}{\alpha},$$

[1] Séance du 4 mai 1925.

où $P(u \leqq \alpha)$ désigne la probabilité de l'inégalité $n \leqq \alpha$, α étant une quelconque quantité positive et $E(u)$ désignant l'espérance mathématique de u. C'est cette inégalité que je me propose de généraliser dans cette Note.

Considérons ν quantités $u_1, u_2, \ldots, u_\nu$ telles que $u_h (h = 1, 2, \ldots, \nu)$ prend des valeurs $u_{h_1}, u_{h_2}, \ldots, u_{hn_h}$ ayant les probabilités $p_{h_1}, p_{h_2}, \ldots, p_{hn_h}$. Nous supposerons que

$$(2) \qquad \sum_{i=1}^{n_h} p_{hi} = 1 \qquad (h = 1, 2, \ldots, \nu).$$

Nous supposerons de plus qu'il dépend du hasard avec laquelle des quantités $u_1, u_2, \ldots, u_\nu$ se fait une épreuve et que la probabilité de faire une épreuve avec $u_h (h = 1, 2, \ldots, \nu)$ est p_h. En supposant que les quantités $u_1, u_2, \ldots, u_\nu$ sont les seules possibles dans nos épreuves, nous aurons

$$(3) \qquad \sum_{h=1}^{\nu} p_h = 1.$$

Nous considérons maintenant deux suppositions sur les valeurs des quantités u_h. Nous supposerons d'abord qu'elles sont toutes positives, et soit $k_h \leqq n_h$ un nombre tel que, pour $h = 1, 2, \ldots, \nu$, les valeurs

$$u_{h_1}, \quad u_{h_2}, \quad \ldots, \quad u_{hk_h} \qquad \text{sont} \qquad \leqq \alpha$$

et les valeurs

$$u_{h,k_h+1}, \quad u_{h,k_h+2}, \quad \ldots, \quad u_{hn_h} \qquad \text{sont} \qquad > \alpha,$$

α étant une quantité positive. On aura alors

$$\sum_{h=1}^{\nu} \rho_h \mathcal{E}(u_h) = \sum_{h=1}^{\nu} \rho_h \sum_{i=1}^{n_h} \rho_{hi} u_{hi} > \alpha \sum_{h=1}^{\nu} \rho_h \sum_{i=k_h+1}^{k_h} \rho_{hi},$$

d'où, en se servant des égalités (2) et (3), il est facile de conclure que

$$(4) \qquad \sum_{h=1}^{h} \rho_h \sum_{i=1}^{k_h} \rho_{hi} > 1 - \frac{1}{\alpha} \sum_{h=1}^{\nu} \rho_h E(u_h).$$

Or la première partie de cette inégalité n'est autre chose que la probabilité que u_1 ou u_2 ou ... ou u_ν ne sera plus grande que α, c'est ce que nous désignerons par le symbole $P(u_1 \bigcup u_2 \bigcup \ldots \bigcup u_\nu \leqq \alpha)$.

Ainsi nous obtenons la généralisation suivante de l'inégalité de Markoff :

$$\text{(5)} \qquad P(u_1 \cup u_2 \cup \ldots \cup u_\nu \leqq \alpha) > 1 - \frac{1}{\alpha}\sum_{h=1}^{\nu} p_h E(u_h).$$

En second lieu, nous supposerons que chacune des quantités $u_1, u_2, \ldots, u_\nu$ peut avoir des valeurs du signe quelconque positives autant que négatives. Soit $\varepsilon > 0$ une quantité quelconque et désignons par

$$P(-\varepsilon \leqq u_1 \cup u_2 \cup \ldots \cup u_\nu \leqq \varepsilon)$$

la probabilité que u_1 ou u_2 ou ... ou u_ν prendra les valeurs comprises dans l'intervalle $(-\varepsilon, \varepsilon)$. Alors il est aisé de s'assurer que l'on aura

$$\text{(6)} \qquad \mathfrak{P}(-\varepsilon \leqq u_1 \cup u_2 \cup \ldots \cup u_\nu \leqq \varepsilon) > 1 - \frac{1}{\varepsilon^2}\sum_{h=1}^{\nu} p_h \mathcal{E}(u_h^2).$$

Cette inégalité peut être considérée comme une généralisation de l'inégalité bien connue de Tchebycheff.

En concluant, nous signalerons une application de l'inégalité (6) à la théorie de corrélation. Soient x et y deux quantités liées par une corrélation linéaire avec le coefficient de corrélation r et avec les écarts moyens quadratiques σ_x^2 et σ_y^2. Soient y_h^0 la moyenne des valeurs observées de y correspondant à $x = x_h$ (nous supposerons que x prend les valeurs x_1, x_2, ..., x_m), et Y_h l'espérance mathématique de y quand $x = x_h$. Alors on aura

$$\text{(7)} \qquad \mathfrak{P}(-\varepsilon \leqq y_1^0 - Y_1 \cup y_2^0 - Y_2 \cup \ldots \cup y_m^0 - Y_m \leqq \varepsilon) > 1 - \frac{\sigma_y^2(1 - r^2)}{\varepsilon^2}.$$

Quand x et y sont liés par une corrélation non linéaire, on aura

$$\text{(8)} \qquad \mathfrak{P}(-\varepsilon \leqq y_1^0 - Y_1 \cup y_2^0 - Y_2 \cup \ldots \cup y_m^0 - Y_m \leqq \varepsilon) > 1 - \frac{\sigma_y^2(1 - \eta_y^2)}{\varepsilon^2},$$

η_y étant ce qu'on appelle en anglais *correlation ratio* de y et x.

RELATIVITÉ. — *La variation de la masse.* Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. G. Kœnigs.

D'après la théorie de la relativité la masse d'un mobile est fonction de sa vitesse.

Il paraît utile d'examiner la portée exacte de cette proposition, afin de reconnaître si elle est en opposition réelle avec les principes de la mécanique classique, ou si la contradiction apparente repose simplement sur une différence dans le sens des mots.

La mécanique relativiste ne considère en général qu'un seul point mobile. Si elle en considérait plusieurs, on pourrait constater qu'il y subsiste une propriété de la masse analogue à celle de la mécanique classique.

Considérons deux mobiles dont les masses au repos soient m_0 et m'_0. Si ces deux mobiles étaient en mouvement avec la même vitesse v, leurs masses relativistes homologues (transversales ou longitudinales) seraient de la forme

$$m_v = m_0\varphi(v) \qquad m'_v = m'_0\varphi(v).$$

D'où

$$\frac{m_v}{m'_v} = \frac{m_0}{m'_0}.$$

Le rapport des masses homologues est donc indépendant de la vitesse commune.

Si l'on prend comme terme de comparaison la masse d'un corps déterminé, jouant le rôle d'unité, la masse relativiste d'un autre mobile quelconque sera en rapport constant avec celle du corps unitaire, supposé placé dans les mêmes conditions de vitesse.

C'est à cette constante caractéristique que la mécanique classique réserve le nom de masse.

Quand on passe au rôle de la masse en dynamique on trouve une apparente divergence entre les deux théories.

La mécanique relativiste part de la considération des formules de composition des pseudo-vitesses dans la transformation de Lorentz, tandis que la mécanique classique part de la composition des vitesses dans les mouvements de translation euclidienne. Les deux points de vue sont différents, ils ne sont pas contradictoires.

Les équations du mouvement d'un point mobile en mécanique relativiste s'écrivent dans la forme suivante :

$$(1) \qquad \frac{d}{dt}\left(\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\frac{dx}{dt}\right) = F_x, \qquad \ldots,$$

F_x, F_y, F_z désignant les projections de la force relativiste sur les axes de coordonnées rectangulaires.

Ce système d'équations est du second ordre. Si on le résout par rapport aux trois dérivées secondes des coordonnées, on pourra évidemment écrire le résultat sous la forme

$$(2) \qquad m_0 \frac{d^2 x}{dt^2} = \varphi_x, \qquad \ldots$$

Ce sont les équations du même mouvement dans la mécanique newtonienne, la masse étant m_0 et la force newtonienne ayant pour composantes, *par définition*, φ_x, φ_y, φ_z.

Inversement, tout système de la forme (2) pourra se mettre sous la forme (1) pourvu que l'on ait $1 - \frac{v^2}{c^2} \neq 0$. Les deux formes sont donc équivalentes, mais nous constatons que le mot *force*, au sens relativiste, n'a pas la même signification que dans la mécanique classique quand il s'agit de points en mouvement.

Au point de vue de la confrontation avec l'expérience, la question se pose de savoir si la force mesurée expérimentalement correspond à la définition newtonienne ou à la définition relativiste, ou si elle ne correspond ni à l'une ni à l'autre. L'examen des faits nous montre que les mesures de forces sont des mesures statiques, qui ne s'effectuent que sur des corps en repos par rapport aux instruments de mesure et ne fournissent aucun renseignement sur les forces dépendant de la vitesse. Le mouvement d'un corps dans un champ de forces statiques peut être très différent de celui qui serait produit par les forces de ce champ. Tel est, par exemple, le mouvement des projectiles pesants dans l'air.

Pour les mouvements de cette nature nous commençons par étudier expérimentalement les mouvements produits dans des conditions très variées.

Connaissant les lois des mouvements observés, nous en déduisons l'expression de la force, en identifiant les équations différentielles du mouvement avec les résultats de l'observation.

De sorte que c'est la forme choisie pour les équations du mouvement qui servira de *définition* à la force.

Suivant que l'on prendra le type (1) ou le type (2) on obtiendra la force relativiste ou la force newtonienne.

L'une n'est pas plus exacte que l'autre et nulle expérience ne peut trancher un différend basé sur des définitions de mots.

Nous nous trouvons en présence de deux langages différents qui peuvent servir à décrire les mêmes phénomènes.

En particulier, tout mouvement représentable à l'aide d'une force relati-

viste constante et d'une masse relativiste fonction de la vitesse, peut aussi être représenté par la considération d'une masse newtonienne constante et d'une force fonction de la vitesse.

Au point de vue de la constance ou de la variabilité de la masse, l'affirmation de la mécanique newtonienne est aussi exacte que celle de la mécanique relativiste.

Les deux propositions ne sont pas contradictoires parce qu'elles ne s'appliquent pas à la même chose.

MAGNÉTISME. — *Sur l'oxyde ferrique ferromagnétique.* Note de M. **Raymond Chevallier**, présentée par M. M. Brillouin.

Au cours de travaux sur l'aimantation des roches et des terres cuites, j'ai été amené à étudier des agglomérés chaldéens, de moment magnétique permanent élevé et à chercher quels constituants ferromagnétiques leur communiquait cette aimantation. J'ai trouvé qu'un oxyde ferrique dilué dans la masse concourait toujours au moment magnétique global et pour certains agglomérés créait ce moment tout entier. Comme conséquence de ces résultats j'ai cherché à reproduire artificiellement cet oxyde; j'y suis arrivé par la voie suivante.

Il existe dans le commerce un oxyde noir léger de fer, en poudre très fine très magnétique et de constitution proche de Fe^3O^4. Un dosage du fer ferreux et du fer total m'a donné par exemple, pour l'oxyde noir :

Fe^2O^3	0,65
FeO	0,35

Alors que l'oxyde Fe^3O^4 théorique fournirait :

Fe^2O^3	0,69
FeO	0,31

Cet oxyde noir contient également un peu de fer libre, en très petite quantité d'ailleurs, puisque la poudre ne donne pas de dégagement gazeux en milieu acide. Ce fer peut être mis en évidence par le cuivre qu'il déplace quand cette poudre reste en contact avec une solution cuivrique. Si l'on élève à l'air la température de cet oxyde noir vers 350°, l'oxydation s'amorce en un point, quelquefois avec incandescence et se propage rapidement sur toute la surface. Le même phénomène se produit d'ailleurs si l'on a pris soin de priver l'oxyde noir de son fer libre. L'oxyde final beaucoup plus jaune

que l'oxyde ferrique habituel et tout semblable à celui signalé récemment par MM. Abraham et Planiol [1] n'a pas révélé d'oxyde ferreux ni de fer à l'analyse (moins de 0,0015 de FeO par gramme de produit).

J'ai alors étudié par une méthode balistique les propriétés magnétiques de cette substance. Elle était enfermée dans un petit ballon que l'on introduisait à l'intérieur d'une bobine plate fermée sur un galvanomètre. Le tout était placé au centre d'un solénoïde. A vide le flux traversant la bobine plate était compensé. Après introduction de l'échantillon, on obtenait à l'établissement du champ une première impulsion; à la suite d'ouvertures et fermetures répétées l'impulsion tendait vers une valeur limite. On retirait alors le ballon de la bobine plate, notant la déviation nouvelle, qui mesurait l'aimantation permanente. Le champ inducteur, dans les expériences qui suivent, a conservé une valeur constante de 174 gauss. L'impulsion est rapportée à 1^g de substance.

1° J'ai d'abord constaté qu'à la suite de la transformation chimique, les propriétés ferromagnétiques *instantanées* restaient sans changement, comme cela se dégage du tableau suivant :

Oxyde noir.				*Oxyde ferrique* (400°).			
N° de l'échantillon.	Première impulsion.	Impuls. limite.	Aimantation permanente.	N° de l'échantillon.	Première impulsion.	Impuls. limite.	Aimantation permanente.
1.......	35,9	30,3	4	1.......	40,8	34,5	6,25
2.......	38,3	34,2	3,2	2.......	39,6	33,8	5,7
3 [2]....	42,4	36,8	4,3	3.......	39,4	33,6	6,5
Moy...	38,8	33,8	3,8	Moy...	39,9	33,9	6,15

L'aimantation permanente diffère au contraire pour les deux oxydes. L'oxyde ferrique semble, en particulier, posséder une grande viscosité qui fera l'objet d'une étude ultérieure.

2° J'ai ensuite étudié l'influence de la température. On chauffait l'oxyde rouge une demi-heure à une température constante, puis on mesurait ses propriétés magnétiques comme précédemment. Les résultats du tableau suivant sont rapportés à 1^g de substance :

---

[1] H. Abraham et R. Planiol, *Sur le sesquioxyde de fer magnétique* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1328).

[2] Recuit à 175° 40 minutes.

Température.	Première impulsion.	Impulsion limite.	Aimantation permanente.
°			
400	31,9	33,9	6,15
500	42,5	35,5	6,7
580	38,6	32,5	5,1
610	26,5	23,8	4,2
645	13,5	11,9	1,6
690	3,6	2,95	0,5
745	0,7	0,5	0,1

a. On voit que le ferromagnétisme disparaît rapidement entre 600° et 700°, mais que toutefois il ne disparaît pas totalement. Si, en effet, on porte un quart d'heure vers 900° l'oxyde ferrique ou l'oxyde noir, on obtient de nouveau une poudre noire très ferromagnétique. La décomposition de Fe^2O^3 en magnétite doit alors intervenir et limiter la disparition du magnétisme.

b. Le temps de chauffe a naturellement une influence. Les nombres du tableau ne sont pas des limites. Ainsi l'oxyde (645°) chauffé de nouveau une heure et demie à la même température a perdu encore du magnétisme. On aboutit alors aux trois impulsions

9,4 8 1

c. La transformation semble bien irréversible. L'oxyde (745°) recuit par exemple deux heures et quart à 550° a conservé ses propriétés magnétiques invariables.

Remarque. — Les grandeurs absolues des moments magnétiques mis en jeu se déduiront du résultat suivant :

Chaque unité d'impulsion des tableaux correspond à un moment spécifique de l'ordre du *dixième* de C. G. S.

MAGNÉTISME. — *Sur l'aimantation des ferronickels.* (*Propriétés thermomagnétiques*). Note de M. **Marcel Peschard**, présentée par M. A. Cotton.

Mes expériences ont porté sur une série de 30 ferronickels très purs. J'ai cherché à déterminer quels sont les alliages magnétiquement réversibles et quels sont les irréversibles; à séparer nettement d'une part les points de Curie, d'autre part les températures de transformations allotropiques. J'ai réuni les résultats dans le diagramme ci-après (*fig.* 3).

1° Les ferronickels contenant plus de 34,4 pour 100 Ni sont *parfaitement réversibles :* le ferromagnétisme disparaît (et réapparaît) pour chacun d'eux au point de Curie.

2° Les ferronickels contenant moins de 34,4 pour 100 de nickel sont irréversibles. La composition Ni = 34,4 correspond à la combinaison Fe^2Ni maintes fois signalées (Ch.-Ed. Guillaume; P. Weiss et G. Foëx; P. Chevenard).

3° Tout ferronickel irréversible suffisamment refroidi acquiert une forte aimantation en même temps qu'il subit une transformation allotropique se reliant par continuité à la transformation $\gamma \rightarrow \beta$ du fer.

Un alliage chauffé dans cet « état β » présente d'abord une variation

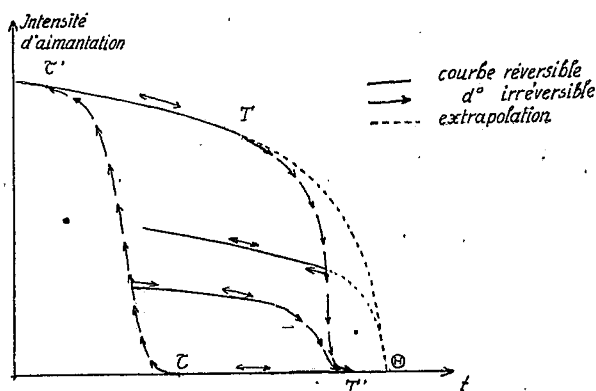


Fig. 1.

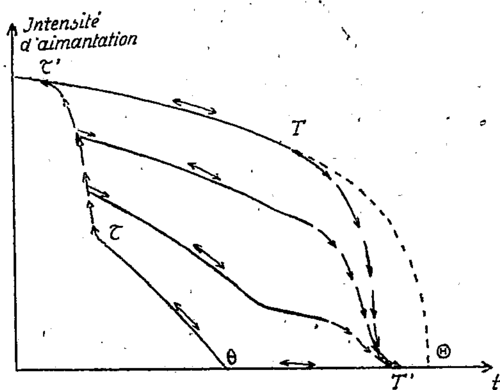


Fig. 2.

réversible de l'aimantation spécifique à saturation. Mais, la température s'élevant au-dessus d'une valeur T (variable avec le titre), l'aimantation décroît de plus en plus rapidement selon une courbe *irréversible* (*fig.* 1); elle s'annule à la température T' (variable avec le titre). Dans l'intervalle (TT') la transformation allotropique $\beta \rightarrow \gamma$ s'est produite. Au refroidissement, l'aimantation réapparaît à une température τ inférieure à T'; elle est accompagnée par la transformation allotropique $\gamma \rightarrow \beta$. Elle croît rapidement à mesure qu'on refroidit et devient réversible au-dessous de τ' (état β).

Les transformations $\beta \rightarrow \gamma$ et $\gamma \rightarrow \beta$ sont semblables. A chaque température de l'intervalle considéré, l'aimantation varie pendant quelques minutes, puis paraît se fixer. En réalité, la variation se poursuit de plus en plus lente-

ment; la modification qui se produit pendant le délai de 6 mois est infime vis-à-vis de celle qui s'est manifestée pendant les premières minutes.

4° Ce cycle thermomagnétique se réalise seulement si le point de Curie Θ du ferronickel dans « l'état γ » est inférieur au point τ.

Cette condition n'est pas remplie pour les alliages compris entre $Ni = 28$ et Fe^2Ni. Dans ce cas, le retour du ferromagnétisme est d'abord *réversible* et correspond à un faible moment atomique, puis la transformation $\gamma \rightarrow \beta$ se produisant, une courbe irréversible se substitue à la courbe réversible (*fig.* 2).

5° Le point de Curie Θ relatif à l'état β est observé dans les alliages très

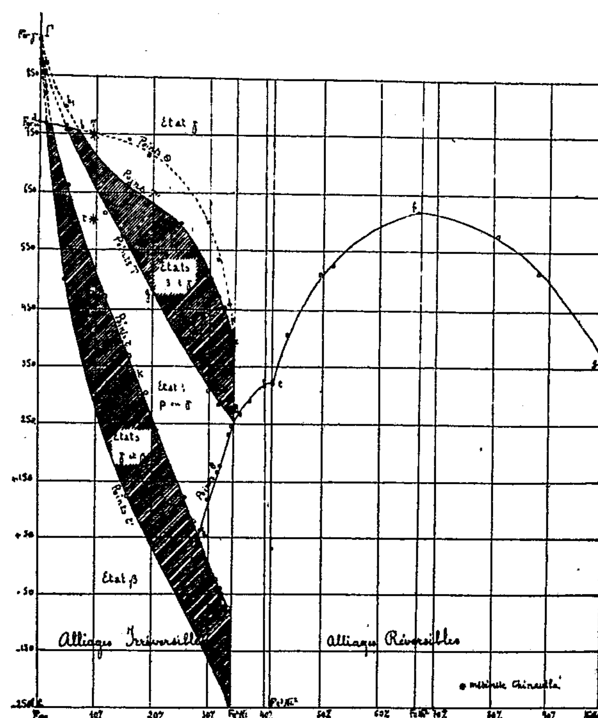


Fig. 3.

riches en fer. Le point T se trouve alors au-dessous du point Θ qui reste inaltéré. Deux cas sont possibles :

a. L'alliage est compris entre $Ni = 2,5$ et $Ni = 5,5$. La transformation $\beta \rightarrow \gamma$ se trouve entièrement au-dessus du point de Curie, mais la transformation $\gamma \rightarrow \beta$ se trouve au-dessous. Si l'on chauffe jusqu'au point de Curie *sans le dépasser*, on trouve que l'alliage est parfaitement réversible. Peu

au-dessus du point de Curie on atteint le point T et l'alliage devient irréversible.

b. L'alliage est compris entre Ni = 0 et Ni = 2,5. Les transformations $\beta \rightarrow \gamma$ et $\gamma \rightarrow \beta$ se produisent au-dessus du point Θ : l'alliage paraît parfaitement réversible quoiqu'on fasse.

6° La figure 3 représente le diagramme. On y voit :

a. La courbe des points Θ observés au voisinage du fer, extrapolés plus loin; *b*. les courbes des points T et T' limitant le *domaine* de transformation, celles des points τ et τ' limitant le domaine de la transformation inverse; *c*. la courbe des points Θ qui rejoint celle des points de Curie des alliages réversibles à l'abscisse Fe^2Ni et à la température 250° C.

Le point anguleux à l'abscisse Ni = 41 peut être interprété en admettant l'existence de la combinaison Fe^3Ni^2 hautement probable d'ailleurs d'après la courbe des moments atomiques. Un point anguleux a été dessiné à l'abscisse $FeNi^2$ bien que les points expérimentaux ne l'imposent pas car la courbe des moments atomiques atteste nettement l'existence jusqu'ici incertaine de cette combinaison définie.

SPECTROSCOPIE. — *Nouvelles raies du lanthane dans le spectre d'arc à pression normale entre* λ 3100 I.A. *et* λ 2200 I.A. Note (¹) de M. **S. Pina de Rubies**, présentée par M. G. Urbain.

Le spectre d'arc des éléments du groupe des terres rares n'est guère connu au delà de la longueur d'onde 3000 U. A. sauf pour le néoytterbium et quelques autres, bien que leur spectre d'étincelle ait été étudié pour la plupart d'entre eux jusqu'à la longueur d'onde 2100 U. A. Cela est dû sans doute à la difficulté de se procurer de si rares éléments à l'état pur, ainsi qu'en quantité suffisante pour entretenir de longues poses.

M. le professeur Urbain ayant mis généreusement à notre disposition ses collections de terres rares dans le but d'en faire une étude spectrale, nous nous sommes décidé à aborder un travail pour compléter le plus possible le spectre de ces éléments jusqu'à la longueur d'onde 2250 I. A. limite donnée environ par l'appareil employé.

L'appareil dont nous nous sommes servi est un spectrographe en quartz ayant un fort pouvoir de résolution; nous avons poussé les poses jusqu'à

(¹) Séance du 20 avril 1925.

2 minutes avec un courant de 4-8 ampères. Comme contrôle nous avons utilisé, au-dessus du spectre d'arc le spectre d'étincelle correspondant. Les mesures et comparaisons préalables furent faites sur des agrandissements à grande échelle. Elles nous ont permi d'éliminer les raies d'impuretés. L'oxyde de lanthane dont nous nous sommes servi a fourni un spectre très pur.

Dans le tableau suivant nous résumons les moyennes de trois séries de mesures faites sur trois spectrogrammes différents.

Longueur d'onde I. A.	Intensités.	Longueur d'onde I. A.	Intensités.	Longueur d'onde I. A.	Intensités.
**3096,02	3	2955,3	0	2846,6	0
94,70	2 a	**50,49	3	40,46	2
88,55	0	46,50	0	38,41	2
88,12	1	45,96	1	34,8	1
85,36	1	43,56	1 c	33,6	1
84,27	1	39,37	1	33,05	0 Pb.?
81,36	1	38,99	0	23,96	1
79,70	1	33,72	0	21,05	1
78,72	0	29,94	1	19,67	1
68,85	0	25,20	1	18,42	1
66,42	1	23,93	2	*15,38	2
59,92	1	22,01	1	13,72	2
54,05	2	14,63	0	09,32	1
51,20	1	13,57	0	*08,37	5
49,44	1	10,65	0	05,59	1
36,53	0	09,66	1	**2798,59	3
35,84	0	05,49	1 ?	**96,46	1
33,78	0	04,64	1	94,13	2
32,93	1 a	**2899,73	1	*91,57	3
22,28	0	97,75	1	**80,35	3
**10,87	2	**93,00	3	78,81	1
07,09	0	**85,17	3	66,50	2
04,6	0	**80,68	3	61,58	2
2992,93	0	73,3	1	59,58	2
85,84	1	67,53	1 a	58,26	1
79,65	1	64,25	0	52,85	1
76,8	0	**63,01	2	48,37	1
76,07	1	62,44	2	32,38	1
66,53	1	60,88	0	**29,84	3
**63,00	2	**59,73	1	25,61	5
59,95	1	**55,94	3	22,30	4
58,60	0	49,4	0	18,82	2 ??
55,9	0	**48,34	2	17,37	2

Longueur d'onde I. A.	Intensités.	Longueur d'onde I. A.	Intensités.	Longueur d'onde I. A.	Intensités.
2715,82	2	2642,20	0	2526,5	1 a
15,42	2	38,99	0	08,2	1
14,50	0 ?	37,74	2	*2487,60	5
10,68	3	37,25	0	**71,88	5
07,14	3	36,60	0	70,46	1
05,49	1	31,89	1	58,16	1
05,09	2	20,04	1	55,88	2
02,17	3	16,34	2	54,55	1
01,36	2	13,13	0	52,73	1
2697,31	1	**10,37	6	43	1 dif.
*95,53	4	09,3	1 dif.	38,41	1
94,24	2	02,8	0	38,02	3
91,13	0	01,74	1	37,17	1
86,6	0	00,8	0	36,41	2
84,93	1	00,2	1	27,7	1
84,14	3	*2596,09	4	26,5	0
83,4	0	86,34	2	25,5	1
82,9	1	83,00	1	21,5	1
81,46	3	80,83	2	19,8	2
79,84	1	73,30	0	15,46	2
**77,80	1	72,2	0	07,71	1
75,64	2	69,9	1 dif.	07,23	1
74,63	1	66,09	3	03,32	2
73,70	1	61,89	3	*2399,68	3
72,93	4 double?	*60,42	4	97,21	2
72,00	2	59,01	2	89,83	1
67,63	1	52,65	2	86,20	1
66,22	2	48,6	1	*79,43	2
64,72	0	47,6	1	41,80	1
61,71	1 a	46,41	2	35,24	1
58,19	0	42,44	1	*28,78	3
53,54	1	41,59	1	*19,48	5
50	0	34,91	2	*17,86	3
49	0	33,11	3	*2256,84	5
47,39	2	32,50	2 a		
44,75	0	31,60	2		

a = bords pas nets; dif. = diffuse; c = dans le charbon.

Les raies marquées par * ont été déjà mesurées par Exner et Hascheck dans l'étincelle. Celles marquées par ** ont été mesurées dans l'arc par E. Wolff.

Comme dans cette région du spectre ultraviolette les éléments qui n'ont pas encore été étudiés sont nombreux, il est possible que, malgré nous, quelque erreur d'attribution se soit glissée pour un nombre très restreint de raies.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges des aldéhydes et des cétones.* Note de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. A. Cotton.

En poursuivant nos recherches sur l'infrarouge entre les longueurs d'onde $2^{\mu},75$ et 8^{μ} ([1]), nous avons examiné, dans cette région, l'absorption des aldéhydes et des cétones. Cette étude, faite sur des corps nouveaux ou bien avec une dispersion plus grande que celle de nos prédécesseurs, nous conduit aux résultats suivants :

1° *Les spectres des aldéhydes grasses et de leurs cétones isomères ne sont pas identiques :* la bande de $3^{\mu},5$ est située, en général, vers des longueurs d'onde un peu plus courtes dans les spectres des cétones que dans les spectres des aldéhydes; l'inverse arrive pour la région d'opacité entre $7^{\mu},35$-$7^{\mu},50$; enfin, entre $6^{\mu},9$ et $7^{\mu},4$, apparaissent souvent trois bandes pour les cétones, alors que les aldéhydes n'en possèdent jamais plus de deux. *Pour la série aromatique*, la région de $3^{\mu},30$-$3^{\mu},75$ se compose de trois bandes pour les aldéhydes et d'une seule pour les cétones. Ces dernières donnent lieu à une zone de forte opacité vers $7^{\mu},9$ qui émigre pour les aldéhydes à $7^{\mu},76$.

2° *La bande caractéristique du groupement carbonylé n'est pas la même pour la série grasse et la série aromatique :* Elle apparaît respectivement vers $5^{\mu},90$ et $6^{\mu},03$. Dans la série aromatique, l'intervalle $6^{\mu},00$-$6^{\mu},40$ présente un aspect tout à fait remarquable : ses deux bandes sont presque symétriques, mais celle qui correspond à la longueur d'onde la plus faible est un peu plus intense que l'autre ([2]). Enfin il faut signaler, pour la série aromatique seule, une région complexe entre $5^{\mu},00$-$5^{\mu},60$ qui se laisse décomposer en un nombre variable de bandes assez faibles mais notamment séparées.

Le tableau suivant résume l'ensemble de nos recherches. Les longueurs d'onde sont données à environ $\pm 0^{\mu},01$ près; les bandes fortes ont été marquées d'un astérisque (*).

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 825.

([2]) Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1530), nous avons donné la longueur d'onde de $6^{\mu},15$. Avec la dispersion beaucoup plus grande dont nous disposons ici, nous avons pu dédoubler cette bande en deux composantes.

	Bandes d'absorption (en μ).											Autres bandes.		
Aldéhyde propylique	2,93	3,52*		3,70	4,24		5,90*	6,55	6,95*	7,26*				
» butylique		3,47*		3,90			5,90*		6,92*	7,32*				
» isovalérique	2,90	3,49*		3,70			5,90*		6,92*	7,35*	7,93*			
» heptylique		3,49*					5,90*		6,92*	7,32*				
» octylique	2,97	3,49*		3,70			5,90*	6,5	6,92*	7,35	7,82			
» nonylique		3,47*				5,25	5,90*		6,92*	7,3	7,9			
» décylique	3,01	3,47*		3,70			5,90*	6,60	6,92*	7,35*				
» undécylique	3,03	3,48*		4,35			5,90*	6,15	6,92*	7,46*	7,80			
Aldéhyde benzoïque		3,30*	3,55*	3,70*	5,16	5,35	5,97*	6,35*	6,95*	7,30*	7,76*	5,58	6,72	
» anisique	2,95	3,42*	3,54*	3,70*	5,00	5,45	6,05*	6,35*	6,95*	7,50	7,76*	6,70*	7,05	7,95*
Acétone	2,90	3,41*	4,52	4,78		5,90*	6,55		7,07*	7,47*				
Éthylméthylcétone	2,92	3,45*		4,78		5,91*			7,07*	7,47*				
Propylméthylcétone	2,90	3,45*		4,72		5,92*		6,92*	7,10*	7,47*	7,73			
Isopropylméthylcétone	2,95	3,43*	4,45		5,10	5,92*		6,92*	7,10*	7,48*	7,85			
Diéthylcétone	2,91	3,45*		4,78	5,25	5,91*		6,92*	7,13*	7,46*				
Allylméthylcétone	2,91	3,44*		4,9	5,15	5,91*	6,57		7,10*	7,50*	7,91	4,08	6,20	
Isobutylméthylcétone	2,95	3,48*		4,70		5,91*	6,55	6,91*	7,13*	7,50*	7,93			
Butyrone	2,97	3,47*	4,45	4,7		5,92*		6,92*		7,43*	7,93			
Hexylméthylcétone	2,92	3,48*	4,34	4,85		5,92*	6,30	6,95*	7,15*	7,45*	7,77			
Acétophénone	2,97	3,40*	4,42	5,18	5,27		6,03*	6,35*	7,05*	7,46*	7,97*	2,87	3,92	
Éthylphénylcétone	2,97	3,43*	4,44		5,25		6,03*	6,35*	6,95*	7,50*	7,97*	7,15*		
Propylphénylcétone	2,87	3,43*	4,35	5,1		5,6	6,03*	6,35*	6,95*	7,50*	7,93*	7,70*		
Isopropylphénylcétone	2,95	3,41*	4,5	5,18			6,03*	6,35*	6,93*	7,50*	7,95*			
Isobutylphénylcétone	2,97	3,43*	4,25	5,21	5,35	5,60	6,03*	6,35*	6,95*	7,43*	7,87*	2,77	3,95	5,75
$C^6H^5.CO.CH(CH^3).CH^2.C^6H^5$		3,42*		5,20	5,36	5,65	6,05*	6,37*	6,92*	7,45*	7,97*	6,77	7,32	7,75

Nous attirons l'attention sur la zone d'opacité relativement faible, mais fort intéressante, qui apparaît dans les spectres de beaucoup de nos corps entre 2μ,90 et 3μ,05, avec des décalages tout à fait remarquables dans le cas des aldéhydes, quand on parcourt les divers termes de la série. Nous nous sommes assuré que cette bande ne provenait pas de l'eau et nous la considérons comme un harmonique de celle de 5μ,90. Nous ferons remarquer également que les cétones isomères, soit grasses, soit aromatiques, différant par la forme de la chaîne carbonée ou par la place du groupement carbonylé, donnent lieu, très sensiblement aux mêmes spectres, à des bandes très faibles près. Enfin, nous constatons certaines régions d'absorption communes aux aldéhydes grasses et aux alcools à 3μ,5, 6μ,9 et vers 7μ,3. Pour ces deux séries de corps et pour les cétones grasses, le domaine compris entre 3μ,5 et 6μ,85 correspond à une absorption faible sur laquelle tranche nettement la forte bande du groupement carbonylé vers 5μ,90.

En résumé, les cétones et les aldéhydes donnent lieu, sous l'épaisseur d'une petite fraction de millimètre, à des spectres d'absorption présentant de fortes bandes assez bien définies pour permettre leur utilisation dans un but analytique.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Biréfringence électrique du limonène.* Note de M. **R. de Mallemann**, présentée par M. A. Cotton.

I. *Méthode.* — Nous avons déterminé la constante de Kerr du *limonène* en appliquant la méthode générale de mesure de la biréfringence électromagnétique des corps actifs, décrite précédemment (¹).

L'expression générale de l'ellipticité γ de la vibration émergente est donnée par la formule

$$(1) \qquad \sin 2\gamma = \frac{\varphi}{\delta}\sin\delta \sin 2\alpha_0 + \frac{2\omega\varphi}{\delta^2}(1-\cos\delta)\cos 2\alpha_0,$$

φ désignant la biréfringence *vraie*, ω la rotation (pour la longueur utilisée) et α_0 l'azimut de la vibration rectiligne incidente par rapport à la direction du champ.

Dans le cas où la rotation est grande par rapport à la biréfringence, on peut négliger $\frac{\varphi^2}{4\omega^2}$ devant l'unité et remplacer dans la formule (1) la biréfringence elliptique $\delta\left(\delta = 2\omega\sqrt{1+\frac{\varphi^2}{4\omega^2}}\right)$ par 2ω.

L'expression simplifiée s'écrira donc

$$(2) \qquad \sin 2\gamma = \frac{\varphi}{2\omega}[\cos 2\alpha_0 - \cos 2(\alpha_0+\omega)].$$

II. *Observations.* — Le limonène utilisé provenait de la maison Dupont. Le produit commercial est fractionné, en rejetant les parties de tête et de queue. Les constantes du corps étudié étaient les suivantes :

Éb. : 179°-181° sous 748^{mm}, $d_{18°} = 0,845$.
Rotation sous 10^{cm} : 92°17′ ($\lambda = 0^{\mu},546$, $t = 20°$).

Dimensions du condensateur :

Longueur corrigée : $l = 98^{mm},7$. Épaisseur : $e = 5^{mm},55$;

d'où

$$\omega_{\text{efficace}} = 91°,0.$$

Les formules précédentes montrent immédiatement que le *maximum* d'ellipticité s'observera, dans ces conditions, pour un azimut α_0, très voisin de *zéro*.

(¹) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 380.

Utilisant, comme l'expérience nous y autorise, l'expression simplifiée (2), nous aurons donc, au degré de précision des mesures,

$$2\gamma = \frac{\varphi}{\omega};$$

par suite,

$$\varphi = 2\omega\gamma = 3,17\gamma.$$

III. *Résultats.* — Le champ est mesuré au moyen d'un condensateur à sulfure de carbone, placé en parallèle avec le condensateur à limonène

$$l = 214^{mm},8, \qquad e = 6^{mm},55.$$

Nous avons trouvé ainsi :

$$\text{Ellipticités (limonène)} \begin{cases} \gamma = 1^{\circ}14' \\ \gamma = 0^{\circ}45' \end{cases} \qquad \text{Ellipticités } (CS^2) \begin{cases} \Gamma = 16^{\circ}50' \\ \Gamma = 10^{\circ}00 \end{cases}$$

ces nombres étant, bien entendu, les moyennes de plusieurs mesures faites sur deux positions principales de l'analyseur.

Les valeurs précédentes concordent avec la loi de Kerr; utilisant l'ellipticité correspondant au plus grand champ, nous obtenons

$$\varphi = 3^{\circ},94.$$

La rotation des axes de l'ellipse est absolument inappréciable; nous devons en conclure que *le pouvoir rotatoire du limonène reste invariable, à la précision des mesures dans le champ électrique utilisé.* Ce résultat était d'ailleurs à prévoir, en raison de la biréfringence relativement faible de ce corps; l'orientation de ses molécules est trop petite pour permettre de déceler une anisotropie possible de leur activité optique.

D'autre part, le *signe* de la biréfringence est le même que pour le sulfure de carbone; il en résulte que *le limonène possède une biréfringence électrique positive.* (On sait qu'il en est de même pour tous les autres carbures d'hydrogène observés jusqu'ici.)

La *constante de Kerr* du limonène se déduit de la biréfringence φ observée, et des dimensions des deux condensateurs; en valeur relative,

$$B = \frac{3,94}{33,6} \times \frac{21,48}{9,87} \times \frac{5,55^2}{6,55^2} \times 100 = 18 \qquad (CS^2 = 100),$$

et, en valeur absolue,

$$B = 6,5 \times 10^{-8} \qquad (t = 15^{\circ};\ \lambda = 0^{\mu},546).$$

La constante de Kerr du limonène est donc intermédiaire entre celle du

benzène et celle du toluène; elle est près de quatre fois supérieure à celle du pinène (1). Cette différence résulte de la présence, dans la molécule d'une double liaison *extérieure* au noyau; d'après les théories modernes de la structure moléculaire, cette double liaison détermine une mobilité plus grande des électrons optiques de valence, à laquelle doit correspondre, toutes choses égales, un accroissement de biréfringence, comme le montre précisément l'expérience.

Remarquons enfin, que le *rapport* des biréfringences des deux carbures est du même ordre de grandeur que celui des deux cétones correspondantes (camphre et carvone) (2), bien que, dans ce dernier cas, les *valeurs* des constantes de Kerr soient beaucoup plus grandes, en raison de l'influence bien connue du groupement cétonique.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur l'interprétation physique des spectres X d'acides gras.* Note (3) de MM. **L. de Broglie** et **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. M. de Broglie.

I. Les spectres X d'acides gras obtenus par la méthode du cristal tournant présentent des particularités qui les différencient complètement des spectres de cristaux ordinaires. En effet, lorsqu'on prend un spectre d'acide gras dans les conditions décrites dans une précédente Note, en utilisant une radiation monochromatique (raie K_α du fer $= 1,92$ Å), on obtient une série de raies correspondant toutes à une certaine équidistance d variable avec le nombre des CH^2 de la chaîne. Ces raies sont les ordres successifs de réflexion de la radiation employée, les angles de réflexion sélective étant fournis par la loi de Bragg : $2d\sin\theta = n\lambda$.

Or, on constate que les ordres impairs sont très intenses par rapport aux ordres pairs, et, de plus, chacune des séries paire et impaire décroît régulièrement en intensité à mesure que l'ordre n de la réflexion augmente. On a là un phénomène qui est exactement l'inverse de celui présenté par le sel gemme dans ses réflexions sur les plans (111). Or, il est absolument impossible d'expliquer une telle répartition des intensités par un raisonne-

(1) *Annales de Physique*, 9e série, **22**, 1924, p. 85.
(2) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1028, et *Annales de Physique* (*loc. cit.*), p. 124 et 131.
(3) Séance du 4 mai 1925.

ment analogue à celui employé jusqu'ici dans l'analyse cristalline; l'intercalation de plans de diverses densités et le calcul des intensités qui en résulte ne peut jamais donner un tel résultat.

Bragg, dans un article récemment paru, donne une explication assez vague de ce phénomène; nous avons pensé qu'il était intéressant de compléter ces renseignements et de donner une théorie plus générale de ce phénomène.

II. Si le NaCl nous sert de point de comparaison, il s'agit de remplacer les déphasages de $n\pi$ qui existent entre les plans Na et Cl par des déphasages de $(n+1)\pi$. Un tel système donnera bien l'apparence observée, comme l'on peut s'en assurer aisément.

Pour cela, on considère un milieu matériel contenant des électrons répartis de façon que leur densité en volume soit à peu près constante par rapport à la longueur d'onde employée. On peut supposer ceci dans le cas des acides gras, dont les CH^2 sont, comme on l'a montré, régulièrement espacés entre les plans contenant les extrémités de la chaîne. Un tel milieu homogène ne diffusera que faiblement les rayons X.

Supposons maintenant que ce milieu de densité électronique moyenne Δ soit coupé par une série de plans parallèles équidistants de densité anormalement forte $\Delta+\eta$. Ils agiront comme une série de plans réticulaires et donneront des vibrations réfléchies de forme

$$A_1 \sin(\omega t - \Phi_1) = \Sigma a_1 \sin(\omega t - \varphi_1),$$

en un point A, où la condition de Bragg est réalisée.

Si l'on imagine, au lieu de plans de densité anormalement forte, des plans de densité anormalement faible $\Delta-\eta$, on aura le même phénomène, et, au même point A, on aura des vibrations réfléchies

$$A_2 \sin(\omega t - \Phi_2) = \Sigma a_2 \sin(\omega t - \varphi_2).$$

Superposons les deux structures; A sera le siège d'une vibration

$$A_1 \sin(\omega t - \Phi_1) + A_2 \sin(\omega t - \Phi_2).$$

Comme le milieu est devenu homogène et de densité 2Δ, on n'a plus qu'une vibration diffusée négligeable. D'où

$$A_1 \sin(\omega t - \Phi_1) + A_2 \sin(\omega t - \Phi_2) = 0,$$

c'est-à-dire

$$A_1 = A_2 \quad \text{et} \quad \Phi_1 - \Phi_2 = \mp \pi.$$

Donc, dans un milieu homogène Δ, une série de plans équidistants où la

densité est anormalement faible : $\Delta - \eta$, diffusent comme s'ils possédaient une densité anormalement forte : $\Delta + \eta$, mais les phases diffèrent de π.

III. Les acides gras sont constitués par un milieu homogène (chaînes de CH^2) coupé par des plans COOH à grande densité électronique, et des plans à densité faible ou nulle séparant les CH^3 de deux molécules voisines. Ces plans sont répartis alternativement et séparés par la longueur de la chaîne, qui est ainsi la moitié de l'équidistance de Bragg (distance séparant deux plans de même nature). D'après le raisonnement précédent, les plans de densité faible peuvent être considérés comme des plans à forte densité, à condition d'introduire une différence de phase π.

Dans ces conditions, on peut voir facilement que le spectre présente l'apparence inverse de celui de NaCl; tous les ordres pairs sont affaiblis, et tous les ordres impairs renforcés, ce qui correspond à l'expérience.

IV. Cette théorie vérifie donc le fait que deux molécules d'acides gras se soudent bout à bout par leurs CH^3 terminaux. De plus, elle est confirmée par l'examen des spectres des diacides et des carbures saturés; les premiers ne contiennent que des plans anormalement denses (COOH), les seconds que des plans anormalement faibles (compris entre les CH^3 terminaux). Tous deux doivent donc fournir des raies d'ordres successifs à intensités régulièrement décroissantes, ce que prouve aussi l'expérience.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les particules de long parcours émises par le polonium.* Note de Mlle **Irène Curie** et M. **Nobuo Yamada**, présentée par M. G. Urbain.

Il résulte d'un travail publié récemment par l'un de nous [1] que les particules de parcours supérieur au parcours normal des rayons α du polonium (4^{cm} environ dans l'air ordinaire) sont très peu nombreuses si l'on prend soin d'éliminer les gaz occlus dans le métal sur lequel le polonium est déposé, ainsi que la vapeur d'eau, et si l'on évite l'emploi d'écrans de mica ou d'aluminium; de plus le petit nombre de particules qui restent (quelques particules de long parcours pour 10^7 rayons α ordinaires) ne semblent pas constituer un groupe homogène.

Le travail avait été fait par la méthode de scintillations, en mesurant le

(1) Yamada, *Sur les particules de long parcours du polonium* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 436).

parcours à l'aide d'un système d'écrans solides; le manque d'homogénéité dans l'épaisseur des écrans était une source de difficultés. Nous avons répété les mêmes expériences en employant, en guise d'écrans, des gaz comprimés.

La source de rayonnement est placée dans une boîte métallique à parois très épaisses. le couvercle rodé est solidement maintenu par des vis. On mastique l'écran au sulfure de zinc (le sulfure tourné vers l'intérieur de la boîte) sur un orifice circulaire du couvercle en face duquel se trouve le microscope qui sert à observer les scintillations. L'intérieur de la boîte communique par une tubulure latérale avec une bombe de gaz sous pression et avec un manomètre métallique.

On fait varier la pression en admettant le gaz dans la boîte au moyen d'un détendeur ou en laissant fuir le gaz par un robinet à pointeau qui communique avec l'atmosphère. Un petit rodage supplémentaire permet de manœuvrer de l'extérieur de la boîte un volet avec lequel on peut couvrir la source quand on veut mesurer le nombre de scintillations qui proviennent de la contamination de la boîte par des traces d'activité. La contamination s'est trouvée être la difficulté expérimentale la plus importante.

Si la source de rayonnement α est placée par exemple à 2^{cm} de l'écran au sulfure de zinc, une pression de 2^{atm} d'air suffit pour arrêter les rayons de parcours normal. L'appareil peut supporter des pressions supérieures à 10^{atm}, ce qui permet de réaliser aisément des écrans gazeux équivalents à plus de 20^{cm} d'air à la pression atmosphérique.

On a utilisé comme écrans de l'air, de l'oxygène et du gaz carbonique desséchés. Après avoir vérifié approximativement que le pouvoir d'arrêt de ces gaz sous pression est proportionnel à la pression, l'on a exprimé l'absorption en centimètres d'air atmosphérique, ainsi qu'on a coutume de le faire pour les écrans solides.

La surface active étant de faible diamètre (3^{mm}), ainsi que le champ du microscope (5^{mm}), la différence de longueur entre les rayons normaux et les rayons obliques n'intervient pas sensiblement dans la forme des courbes obtenues pour la variation du nombre de scintillations avec l'absorption.

Le polonium était déposé sur de l'argent, sur du nickel ou sur du bismuth. Le métal était chauffé dans le vide avant le dépôt du polonium; la source était chauffée dans le vide vers 100°, puis conservée dans un dessiccateur à vide entre les expériences.

Le rapport du nombre de particules de long parcours au nombre de rayons α émis par la source reposait sur le principe suivant : on mesure le

nombre de particules de long parcours émises par une source très active dans un angle solide déterminé et le nombre de rayons α ordinaires émis dans le même angle solide par une source de faible activité; on mesure directement l'activité de la source faible et indirectement celle de la source forte, au moyen d'un appareil spécial [1].

Les résultats confirment ceux qui avaient été obtenus par l'un de nous [2] avec l'absorption par écrans solides :

1. Malgré les précautions prises dans la fabrication et dans la conservation des sources, il subsiste un petit nombre de particules de long parcours.

2. Ce nombre est à peu près proportionnel à la quantité de polonium. Il ne semble pas dépendre du métal sur lequel le polonium est déposé.

3. Les particules ne forment pas un groupe homogène; leur nombre décroît rapidement entre 4^{cm} et 12 à 14^{cm} de parcours équivalent.

4. Quand on opère dans l'oxygène ou dans le gaz carbonique, le nombre total de particules de parcours supérieur à celui des rayons α du polonium est environ 10 pour 10^7 rayons α. Quand on opère dans l'air elles sont bien plus nombreuses, environ 30 pour 10^7 rayons α et leur parcours maximum est environ 16^{cm}.

5. D'après l'intensité des scintillations, il semble tout à fait improbable que ces particules soient des rayons α.

Les particules de long parcours pourraient être des rayons H projetés par les rayons α; leur parcours maximum est, en effet, de l'ordre de quatre fois celui des rayons α du polonium, ce qui est conforme à cette supposition. Mais il est difficile de comprendre que ce nombre soit sensiblement le même pour du polonium déposé sur des métaux différents et dont les rayons traversent soit de l'oxygène, soit du gaz carbonique, gaz dont les impuretés ne doivent pas être les mêmes.

L'augmentation considérable du nombre des particules quand on opère dans l'air est également difficile à expliquer, car le parcours ne semble pas indiquer la présence de rayons de désintégration de l'azote.

---

(1) Mme P. Curie, *Appareil destiné à mesurer l'intensité d'une source de rayons α* (*Journ. de Chimie phys.*, 22, 1925, p. 142).

(2) *Loc. cit.*

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'absorption des rayons β par la matière.* Note (¹) de M. **Georges Fournier**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une précédente Note (²) j'ai montré que le coefficient massique d'absorption apparente $\frac{\eta}{\rho}$ des rayons β est une fonction linéaire (I) du numéro atomique N du corps simple absorbant. Voici à ce sujet quelques expériences nouvelles :

1° En ce qui concerne les éléments dont le numéro atomique ne dépasse pas 50 (Sn), on a mesuré les coefficients d'absorption de Mg, Fe, Ni, Zn et Cd. Ces résultats viennent compléter de la façon suivante le tableau publié précédemment :

Absorbant.	Numéro atomique N.	$\frac{\mu}{\rho}$ calculé par la formule (I).	$\frac{\mu}{\rho}$ observé.
Carbone	6	15,85	15,8
Magnésium	12	16,70	16,7
Aluminium	13	16,85	16,9
Fer	26	18,69	18,7
Nickel	28	18,98	19,0
Cuivre	29	19,12	19,2
Zinc	30	19,26	19,3
Molybdène	42	20,96	21,0
Argent	47	21,67	21,7
Cadmium	48	21,82	21,8
Étain	50	22,10	22,1

On voit que ces résultats confirment pleinement la loi linéaire (I). Il est intéressant de noter que les écrans minces de magnésium nécessaires à l'étude de la courbe d'absorption ont été obtenus par compression de magnésium en poudre. Le magnésium fondu, en effet, ne se laisse pas facilement laminer. Les écrans de carbone étaient constitués par des plaques de microphone.

2° En ce qui concerne les éléments de numéro atomique supérieur à 50, le phénomène d'absorption se complique de la production de rayonnement secondaire, et la courbe représentant le logarithme de l'intensité en fonction

(¹) Séance du 4 mai 1925.

(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 284.

de la masse superficielle des écrans, au lieu d'être une droite comme précédemment, présente sur tout son parcours une concavité tournée vers le haut. On ne peut donc se servir de cette courbe pour déterminer directement un coefficient d'absorption.

Nous avons alors cherché, en admettant pour coefficient d'absorption du rayonnement primaire le nombre calculé par la formule (I), supposée valable, à étudier par soustraction le rayonnement secondaire parasite.

Nous avons vu immédiatement que cette méthode d'investigation était légitime, car elle respecte, dans le début de la courbe, l'existence du rayonnement primaire très absorbable obéissant à la loi (II) :

$$\text{(II)} \qquad \frac{\mu}{\rho} = 65 + 0,615\,\mathrm{N}$$

et signalé dans la publication précédente.

Au point de vue pratique, la méthode utilisée pour mettre en évidence le rayonnement secondaire consiste à mener, à la courbe expérimentale d'absorption $\log \mathrm{I} = f\left(\frac{m}{s}\right)$, une tangente ayant le coefficient angulaire imposé par la formule (I). On considère ensuite un point de la courbe et le point de la tangente ayant même abscisse. On repasse des ordonnées logarithmiques aux nombres et l'on retranche le nombre relatif à la tangente du nombre relatif à la courbe. Le résultat de cette soustraction donne l'intensité du rayonnement secondaire pour l'abscisse considérée.

Dans un récent travail (¹), Mme J.-S. Lattès a employé pour représenter l'intensité de tout rayonnement secondaire excité par un rayonnement primaire homogène une expression de la forme

$$\mathrm{Y} = \pm k\left(e^{-\frac{\mu'}{\rho}\frac{m}{s}} - e^{-\frac{\mu}{\rho}\frac{m}{s}}\right),$$

où $\frac{\mu}{\rho}$ et $\frac{\mu'}{\rho}$ sont respectivement les coefficients massiques d'absorption des rayonnements primaire et secondaire dans la substance considérée, et k un facteur numérique dépendant de ces coefficients.

Cette formule s'applique particulièrement bien dans le cas qui nous occupe en attribuant à $\frac{\mu}{\rho}$ la valeur calculée par la formule (I). Elle permet de calculer le coefficient $\frac{\mu'}{\rho}$ du rayonnement secondaire. Voici les résultats obtenus pour différents éléments lourds :

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1400.

Absorbant.	Numéro atomique N.	$\frac{\mu}{\rho}$ (rayonn. prim.).	$\frac{\mu'}{\rho}$ (rayonn. second.).
Platine...........	78	26,076	14,7
Or...............	79	26,218	14,6
Thallium.........	81	26,502	14,5
Plomb...........	82	26,644	14,3

Le coefficient d'absorption du rayonnement secondaire étant plus petit que celui du rayonnement primaire, il y a lieu de penser que le rayonnement secondaire est de nature électromagnétique. Son coefficient d'absorption doit varier d'une façon complexe avec le numéro atomique du corps considéré, qui est à la fois radiateur et absorbant.

Ces résultats semblent montrer qu'il est légitime d'étendre la loi linéaire (I) aux corps lourds, à condition de soustraire au préalable le rayonnement secondaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Résultats obtenus par l'étude dilatométrique des fontes.* Note [1] de MM. **Pierre Chevenard** et **Albert Portevin**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'étude dilatométrique des fontes, que nous poursuivons à l'aide du dilatomètre différentiel enregistreur [2], fournit un moyen commode, précis et sensible d'analyser la graphitisation de la cémentite, phénomène important aux points de vue théorique et pratique.

Non seulement la naissance du graphite à l'état solide se traduit par une expansion considérable (G, *fig.* 1), dont on peut définir la température, l'amplitude et la vitesse, mais encore l'observation de l'anomalie C spécifique de la cémentite [3], tant à la chauffe qu'au refroidissement, permet d'évaluer approximativement la quantité de carbone combiné au début et à la fin du cycle thermique. On peut donc se rendre compte des variations d'état du carbone, au cours de ce cycle, sans qu'il soit nécessaire de recourir à d'autres méthodes.

Parmi les résultats obtenus, nous signalerons les suivants qui nous paraissent apporter des informations nouvelles sur ces phénomènes.

---

(1) Séance du 11 mai 1925.

(2) P. Chevenard, *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 916.

(3) P. Chevenard, *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 1005.

1° *Influence du silicium.* — Comme on le sait, le silicium provoque et accélère la graphitisation des fontes blanches.

La figure 1 représente les courbes de chauffe de trois fontes à teneurs croissantes en silicium, dans laquelle la graphitisation débute à des températures différentes, s'échelonnant de 600° à 875°. Pour l'une d'elles, la transformation Ac à la chauffe, s'opère en pleine période de graphitisation : ce fait montre l'indépendance de ces deux phénomènes, dont le premier est défini par les diagrammes d'équilibre, alors que le deuxième s'opère d'une manière irréversible, dans un système hors d'équilibre.

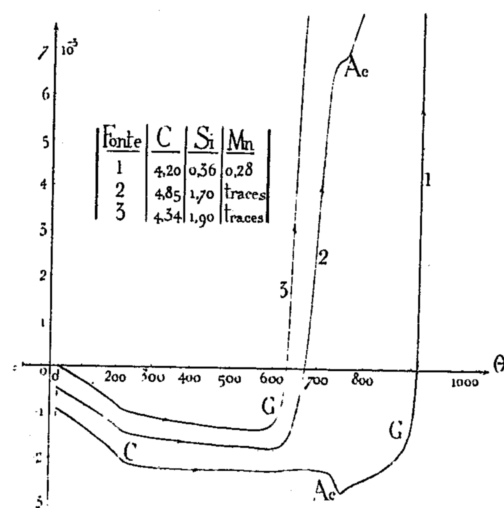


Fig. 1.

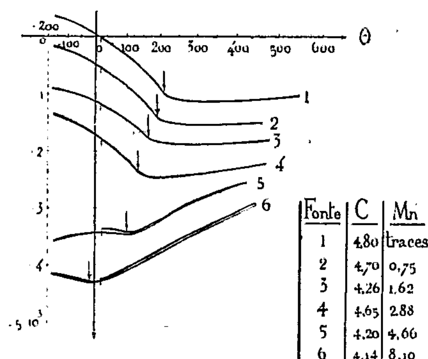


Fig. 2.

Par ailleurs, on retrouve les résultats des études de MM. Charpy, Grenet et Cornu-Thénard ([1]), dans lesquelles les modalités du phénomène de graphitisation étaient observées indirectement, par l'examen d'échantillons trempés à diverses températures. Mais la méthode dilatométrique est plus directe et plus évidente; elle fait assister au phénomène de graphitisation et, en même temps, à toutes les autres transformations qui s'opèrent obligatoirement lors des variations thermiques. La trempe donne le résultat global de la graphitisation sans indiquer le mécanisme du phénomène et ses rapports avec les autres transformations; ce résultat, d'ailleurs, peut être compliqué par les phénomènes de trempe proprement dits.

2° *Cémentites complexes.* — L'anomalie dilatométrique, qui accompagne la transformation magnétique réversible de la cémentite, permet de carac-

([1]) *Comptes rendus*, **134**, 1902, p. 103, et **156**, 1913, p. 1616.

tériser ce constituant et d'en connaître la proportion dans un alliage. Le manganèse, le chrome, le vanadium, le tungstène, etc. forment aussi, comme le fer, des composés définis avec le carbone; ces carbures sont associés à la cémentite dans les fontes et les aciers spéciaux.

Mais l'étude dilatométrique montre que le manganèse (*fig.* 2) et le chrome font rétrograder le point de Curie de la cémentite d'une manière continue. L'abaissement est à peu près proportionnel à la teneur en éléments ajoutés; de sorte que, pour des fontes renfermant 4,5 pour 100 environ de carbone combiné, la température θc du point de Curie peut être exprimée empiriquement par : $\theta c = 210^\circ - 28\,\mathrm{Mn}$, dans le cas du manganèse et $\theta c = 210^\circ - 35\,\mathrm{Cr}$, dans le cas du chrome.

Les carbures de manganèse et de chrome forment donc une solution solide avec Fe_3C, et l'appellation de carbures doubles doit être remplacée par celle de *cémentites complexes*.

D'autre part la forme globulaire qu'affectent de préférence certaines cémentites complexes dans les aciers spéciaux n'a rien de caractéristique; cet aspect structural n'est que le résultat de l'influence des éléments spéciaux sur la coalescence de la cémentite ([1]).

Une fois de plus, les résultats de l'étude purement chimique se montrent erronés et l'examen micrographique se révèle impuissant à indiquer la nature chimique et la concentration des constituants. Au contraire, l'étude physique permet de suivre les variations de concentration des cémentites par la position du point de Curie : par cette méthode, nous avons pu étudier comment varie *le coefficient de partage du manganèse entre le carbure et la ferrite, suivant la température de recuit*, dans un acier à 2 pour 100 Mn; le point de Curie du carbure rétrograde quand on augmente la température de recuit.

3° *Action du manganèse et des éléments spéciaux, lors du recuit des fontes.* — Lorsque à l'action du silicium s'ajoute celle du manganèse et des éléments spéciaux (nickel, chrome, etc.), les phénomènes de recuit deviennent généralement compliqués : ils peuvent comprendre la graphitisation, la solubilisation et la précipitation de la cémentite et du graphite, l'autotrempe, le revenu après autotrempe et le changement de concentration des cémentites complexes. L'étude dilatométrique permet d'observer la succession et l'enchevêtrement de ces phénomènes et d'étudier l'influence des divers facteurs : composition chimique, température, état structural, etc.

([1]) A. Portevin et V. Bernard, *Rev. de Mét.*, 18, 1921, p. 737.

4° *Température de transformation dans les systèmes stable et labile.* — Les lignes d'équilibre du diagramme stable sont connues en position, sauf aux températures avoisinant la ligne eutectoïde du système labile; on n'a donc pas de renseignements sur l'écart thermique des lignes eutectoïdes dans les deux systèmes. Les déterminations dilatométriques permettent d'assigner à cet écart une valeur d'environ 30°.

En résumé, l'étude dilatométrique des fontes permet de suivre les transformations complexes qui s'effectuent au cours du chauffage et du refroidissement; en particulier, nous espérons parvenir à caractériser la tendance à la graphitisation des fontes, tout comme on sait actuellement définir le pouvoir trempant d'un acier (¹).

Plus généralement, la méthode dilatométrique apparaît comme un procédé complet d'analyse qualitative et quantitative, supérieur à la méthode thermique pour les phénomènes s'accomplissant en milieu solide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des traitements thermiques et mécaniques sur la vitesse de dissolution de l'aluminium dans l'acide chlorhydrique.* Note de MM. **Xavier Waché** et **Georges Chaudron**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons eu l'occasion d'observer que des échantillons d'aluminium commercial, ayant la même composition chimique, étaient attaqués par l'acide chlorhydrique avec des vitesses très différentes, ce qui nous a conduits à étudier l'influence, sur ce phénomène, de la vitesse de refroidissement du métal après fusion, du recuit et de l'écrouissage.

La vitesse de dissolution était mesurée dans les conditions suivantes : on prélevait, dans l'aluminium à étudier, un échantillon en forme de cube que l'on attaquait par de l'acide chlorhydrique de concentration déterminée, à température constante. Soient, réduits à 0° et 760^{mm}, v le volume d'hydrogène dégagé au bout du temps t, et V le volume d'hydrogène dégagé après dissolution complète de l'échantillon; la vitesse de dégagement est proportionnelle à la surface du cube qui garde sa forme géométrique pendant la majeure partie de l'expérience, on a donc

$$\frac{dv}{dt} = k(V - v)^{\frac{2}{3}},$$

(¹) Voir A. Portevin et P. Chevenard, *Les « courbes caractéristiques » des traitements thermiques des aciers* (*Rev. de Mét.*, 18, 1921, p. 717).

et, par intégration dans l'intervalle de temps t_1 à t_2,

$$K = \frac{\sqrt[3]{V - v_1} - \sqrt[3]{V - v_2}}{t_2 - t_1}.$$

Cette constante K représente, à un coefficient constant près, la vitesse de dissolution par unité de surface; elle nous sert à caractériser le métal étudié.

Nous avons recherché l'influence sur cette constante des différents facteurs d'attaque : température, concentration en acide, agitation, état de la surface et masse de l'échantillon; nous en avons conclu que K, dans les conditions de nos expériences, était déterminé à moins de 5 pour 100 près.

Le Tableau I résume nos mesures sur un aluminium laminé (température, 18°,4; HCl, 2,53 normal).

TABLEAU I.

Aluminium laminé (Si 0,69 pour 100, Fe 0,36 pour 100).

	Valeurs de K.					
Brut de laminage	2,24	2,24	2,24	2,27	2,28	2,25
Après recuit de 5 jours à 550°	0,99	0,99	1,04	1,04	1,04	
Après recristallisation à gros grains	1,03	1,03	1,08	1,08	1,08	1,08
	1,09	1,05	1,01	1,05		

Après recuit, il y a diminution importante de la vitesse de dissolution.

Si l'on exerce, avant le recuit, une légère traction, de manière à provoquer une recristallisation à gros grains, la valeur de K n'est pas sensiblement modifiée : la vitesse de dissolution est donc indépendante de la dimension des grains.

L'examen du Tableau II montre que le métal brut de coulée, provenant de la fusion de l'aluminium laminé, présente une vitesse de dissolution plus grande que précédemment.

TABLEAU II.

Aluminium coulé (Si 0,69 pour 100; Fe 0,36 pour 100).

	Valeurs de K.		
Brut de coulée	4,38	4,12	4,21
Recuit 40 heures à 530°	1,37	1,39	
Écroui	2,28	2,39	
Écroui, puis recuit 40 heures à 530°	1,25		

Par recuit et par écrouissage, on diminue la vitesse de dissolution du

métal coulé et l'on revient à des valeurs comparables à celles du Tableau I.

Le Tableau III montre que la vitesse de dissolution varie dans le même sens que la vitesse de refroidissement du métal après fusion.

TABLEAU III.

Aluminium coulé (Si 0,37 pour 100; Fe 0,33 pour 100).

	Valeurs de K.		
Dans un moule en fer réchauffé et calorifugé	2,21	2,03	
Dans un moule froid et exposé à l'air	3,06	3,25	
Dans un moule refroidi	4,74		
Recuit 38 heures à 610°			1,64
Recuit 38 heures à 610° et écroui			1,33
Écroui			2,02
A l'air, sur lame de mica	5,4	5,1	
Recuit 67 heures à 520°			2,9
Dans l'eau	10,9	6,4	

Enfin, on obtient des résultats dans le même sens avec de l'aluminium aussi pur que possible.

TABLEAU IV. — *Aluminium coulé, très pur* (Al 99,7 pour 100).

	Valeurs de K.
Refroidi rapidement	1,37
Refroidi lentement	0,50
Refroidi lentement et recuit 41 heures à 580°	0,27

Les impuretés principales de l'aluminium (Fe, Si) ne jouent pas, d'après ces mesures, un rôle quantitatif, mais agissent suivant leur mode de répartition; elles forment, en effet, avec l'aluminium, des solutions solides d'autant moins homogènes que le métal est refroidi plus rapidement, et nous voyons que dans ces conditions la vitesse d'attaque augmente. Le recuit et l'écrouissage, qui produisent une répartition uniforme des impuretés, doivent alors diminuer cette vitesse, ce qui se vérifie dans nos expériences.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur le déplacement des acides par la diffusion.* Note de M. E. Demoussy, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai montré dans une Note précédente (¹) comment la diffusion fractionnée peut mettre en évidence le déplacement d'un acide par un autre plus faible mais moins diffusible. Dans la séparation de l'acide chlorhydrique du chlorure de calcium par l'acide formique, les ions $\bar{Cl}$ diffusent vers l'eau pure accompagnés des cations $\overset{++}{Ca}$ et $\overset{+}{H}$, ceux-ci provenant de l'ionisation de HCO^2H. Quoique cette ionisation soit faible ($K = 2,1.10^{-4}$), environ 6,5 pour 100 pour la concentration 0,2N, la vitesse des ions $\overset{+}{H}$ est tellement supérieure à celle des $\overset{++}{Ca}$, que la diffusion de HCl l'emporte de beaucoup sur celle de $Ca Cl^2$. Par suite, dans les régions éloignées de la solution primitive, le chlore est en grand excès par rapport au métal. L'acide formique ne s'y trouve qu'en faible proportion, son coefficient de diffusion étant inférieur de plus de moitié à celui de HCl.

Ces considérations, conformes à la théorie de la diffusion de Nernst, permettent de prévoir que, pour un même acide organique et un même anion, Cl par exemple, celui-ci diffusera en excès d'autant plus grand que le cation métallique qui lui était primitivement uni est moins mobile. Les métaux alcalino-terreux, dont les sels diffusent avec des vitesses sensiblement égales, fourniront des résultats très voisins; les métaux alcalins, monovalents, se déplaçant plus vite, accompagneront l'anion en plus forte proportion; et le rapport du chlore au métal sera minimum pour le potassium, un peu plus mobile que le sodium.

D'autre part ce rapport variera dans le même sens que le degré d'ionisation de l'acide organique, s'abaissant avec l'acide acétique ($K = 1,8.10^{-5}$), s'élevant au contraire avec l'acide oxalique, le plus fort des acides organiques.

C'est bien ce que montre le tableau suivant. Les opérations étaient conduites comme précédemment : 50^{cm^3} de solution, 0,2 N en chaque composant, compte tenu des valences du métal et de l'acide, étaient surmontés de 350^{cm^3} d'eau; la diffusion durait 12 jours. Les vases étant pareils les résultats sont comparables, sans comporter toutefois une rigueur absolue, la température variant un peu d'une série à une autre. Seule figure ici la composition de la

(¹) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 208.

tranche supérieure de 100^{cm^3}; dans les autres tranches la répartition des éléments a toujours été trouvée semblable à celle rapportée antérieurement; en particulier, à l'excès de chlore au sommet de la colonne liquide, correspond un déficit à la partie inférieure, c'est-à-dire dans la solution initiale.

Solutions.	I. Acidité en HCl.	II. Métal.	III. Chlore dosé en HCl.	IV. HCl correspondant au métal.	V. Rapport $\frac{III}{IV}$.
	mg	mg	mg	mg	
Ac. formique + $BaCl^2$...	12,8	2,2	8,2	1,2	6,8
» + $CaCl^2$...	12,8	0,7	9,1	1,3	6,8
» + $MgCl^2$...	13,7	0,4	9,1	1,4	6,6
» + NaCl....	12,8	3,1	10,9	4,9	2,2
» + KCl.....	9,1	9,2	12,8	8,6	1,5
Ac. acétique + $CaCl^2$...	9,1	1,5	6,4	2,7	2,4
» + NaCl....	8,2	5,1	10,0	8,1	1,2
» + KCl.....	6,4	14,9	15,5	13,9	1,1
Ac. citrique + KCl.....	6,4	13,4	16,8	12,6	1,3
Ac. oxalique + KCl.....	19,0	6,7	21,5	6,3	3,4

Les métaux alcalino-terreux donnent des chiffres très voisins; avec les alcalins, le déplacement d'acide chlorhydrique est beaucoup plus petit, nettement moindre pour K que pour Na. Les rapports V s'abaissent notablement, lorsqu'on s'adresse à l'acide acétique, mais la nature du métal intervient comme dans le cas de l'acide formique.

L'acide citrique se comporte à peu près comme l'acide formique; si, en effet, sa première acidité dépasse un peu celle de ce monoacide, les deux autres sont beaucoup plus faibles. L'acide oxalique déplace plus nettement l'acide chlorhydrique, malgré la grande mobilité du potassium.

Les séparations sont bien plus marquées si l'on réduit la durée des expériences; ainsi pour $HCO^2H + CaCl^2$ en 6 jours, le rapport V s'élève à 15,5. La grande dilution des liquides nécessite alors la réunion de plusieurs opérations semblables.

En remplaçant le chlore par un anion moins mobile SO^4, l'excès d'acide diffusé est moindre : le rapport V s'abaisse à 2,3 pour le mélange SO^4K^2 + acide oxalique; il tombe à 1,05 pour SO^4K^2 + acide acétique.

L'acide azotique, un peu moins diffusible que HCl, est déplacé en proportion un peu moins forte.

A ce sujet, je rapporterai encore deux expériences, conduites en même temps, effectuées l'une avec le mélange $NO^3H + BaCl^2$, l'autre avec $HCl + Ba(NO^3)^2$, toujours en quantités équivalentes 0,2 N. Pour faciliter les comparaisons, les dosages sont exprimés en milligrammes de HCl pour les 100^{cm^3} de la tranche supérieure.

Solutions.	Acidité.	Baryum.	HCl.	NO^3H.	Rapport $\frac{HCl}{Ba}$.	Rapport $\frac{NO^3H}{Ba}$.
$NO^3H + BaCl^2$..	45,3	2,5	26,5	21,3	10,6	8,5
$HCl + Ba(NO^3)^2$.	45,6	2,4	27,3	20,7	11,4	8,6

Comme on devait s'y attendre, les chiffres sont aussi identiques qu'on peut l'espérer dans ces conditions. L'excès de HCl diffusé est considérable; il est un peu moindre pour NO^3H, un peu moins mobile. Je n'ai pas retrouvé le fait signalé par M. P. Girard, qu'en diffusion libre il s'échappe proportionnellement plus de baryum que de chlore (1).

Ces déplacements par diffusion s'observent naturellement aussi sur des mélanges de sels et d'alcalis, par suite de la grande mobilité des ions $\bar{OH}$. Une solution 0,2N en KCl et en $Ba(OH)^2$, expérimentée dans les mêmes conditions (en vases paraffinés pour éviter l'attaque du verre), montre la diffusion d'un excès de potasse. Le rapport du potassium au chlore est égal à 3; au contraire pour le baryum, le moins mobile des quatre ions en présence, le rapport de ce métal au chlore n'est que de 0,26.

En résumé, la considération des mobilités relatives des ions d'un mélange sel + acide, jointe à la connaissance du degré d'ionisation de l'acide, suffit pour prévoir le sens du partage dans les produits de la diffusion.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formation directe des oxybromures de mercure.* Note de M. **H. Pélabon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les oxybromures de mercure se forment directement comme les oxychlorures. Pour déterminer leur composition, nous avons suivi la même marche que celle qui a été décrite (2).

Des tubes scellés en verre ordinaire (à base de soude), contenant 20^{cm^3} d'eau distillée, *n* molécules d'oxyde rouge et *m* molécules de bromure mercurique, ont été agités très longtemps. Après trois semaines, la teinte rosée des mélanges d'oxyde et de bromure change assez brusquement et huit jours après l'équilibre est atteint. Tous les tubes pour lesquels *m* est supérieur à *n* renferment finalement un composé jaune vif, les autres un composé marron foncé. Les corps en suspension ne se déposent que difficilement, ce sont des poudres à grains excessivement fins. Le dosage du

---

(1) *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 376, et 178, 1924, p. 389.

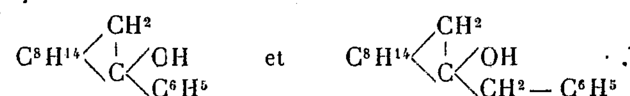
(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 143.

bromure mercurique en solution donne, dans tous les cas où le rapport $\frac{n}{m}$ est inférieur à 4, le même nombre $0^{mol},00018$ pour 10^{cm^3} de liquide. Si la valeur du même rapport dépasse 4, on ne trouve plus de bromure en solution. D'après cela, le composé marron doit répondre à la formule $4HgO.HgBr^2$. D'autre part, l'analyse du composé jaune après rapide lavage à l'alcool conduit à écrire sa formule : $HgO.HgBr^2$.

Remarquons que le nombre 0,00018 trouvé plus haut pour la concentration du bromure dissous est supérieur à la concentration 0,000145 d'une solution de bromure saturée à la même température, mais qui n'a pas été agitée longtemps dans un tube de verre; cette différence s'explique par l'attaque du verre. Pour éviter cette action catalysante du verre, nous avons repris les mêmes expériences avec des tubes en quartz; les réactions sont alors beaucoup plus lentes et après quatre mois d'agitation on atteint l'équilibre à la température ordinaire. L'aspect des tubes est bien différent de celui que présentaient les tubes de verre, le liquide qu'ils renferment redevient immédiatement limpide après agitation, le dépôt généralement hétérogène occupe un faible volume; sa surface libre reste toujours bien horizontale, même si l'on incline le tube. Tout s'explique par un examen au microscope. Les composés solides trouvés dans les tubes sont roulés comme de véritables galets et relativement volumineux, surtout si l'on compare leurs dimensions à celles des produits introduits dans les tubes. Il est facile de distinguer les deux oxybromures signalés plus haut, ils ont ici la forme de grains ovoïdes bruns et jaunes. Les mélanges très riches en bromure montrent non seulement l'oxybromure jaune, mais encore des particules incolores également déformées par le frottement et qui ressemblent à de petits verres; elles ne peuvent être prises pour des cristaux roulés de bromure mercurique, car, d'une part, leurs dimensions valent bien vingt fois celles des cristaux du bromure employé; d'autre part, en déposant une goutte d'alcool sur la préparation, on constate la disparition rapide des cristaux et à l'endroit qu'ils occupaient apparaît un léger dépôt d'oxyde mercurique. Il est certain d'après cela que l'on se trouve en présence d'un troisième oxybromure pauvre en oxyde.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des p-bromanisyl et p-bromotolylmagnésiums sur le camphre*. Note [1] de M[lle] S. LEDUC, transmise par M. A. Haller.

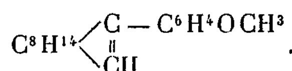
Le travail présent constitue une reprise et une suite des recherches publiées par MM. A. Haller et Ed. Bauer [2] sur la préparation d'arylbornéols tertiaires faisant agir les bromure de phényl- et chlorure de benzylmagnésiums sur le camphre. Les corps obtenus dans ces conditions ont respectivement pour formules



Ils perdent facilement de l'eau, sous l'influence des déshydratants, pour donner naissance à des phényl- et benzylcamphènes. Le dérivé phénylé se déshydrate même à la distillation, de sorte qu'il est difficile de l'obtenir exempt de phénylcamphène.

Si, au lieu d'effectuer la réaction du bromure de phénylmagnésium sur le camphre à la température d'ébullition de l'éther, on abandonne simplement le mélange à lui-même pendant plusieurs jours, on porte le rendement en phénylbornéol et en phénylcamphène de 25 pour 100 obtenus par MM. Haller et Bauer à 40 pour 100.

Anisylcamphène



— Quand on fait agir une solution éthérée de parabromure d'anisylmagnésium sur les trois quarts de la quantité théorique de camphre également en solution éthérée, on constate que la combinaison s'effectue avec un grand dégagement de chaleur.

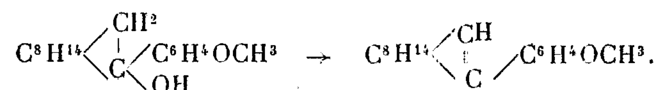
On abandonne ensuite le mélange à lui-même en ayant soin de l'agiter de temps à autre. Au bout de quelques jours on le verse sur l'eau glacée et acidulée, on décante, sèche et élimine l'éther par distillation. Le résidu est distillé dans le vide pour séparer le camphre et le *p*-bromanisol non entré en réaction et il reste un produit qui se prend en masse par le refroidisse-

(1) Séance du 4 mai 1925.

(2) A. HALLER et ED. BAUER, *Comptes rendus*, 149, 1906, p. 677.

ment. En reprenant cette masse par l'éther, tout se dissout sauf quelques cristaux qui ont été identifiés avec le dianisyle.

La solution éthérée fournit un corps solide très soluble dans l'éther de pétrole, soluble dans l'alcool bouillant et peu dans l'alcool froid; cristallisé au sein de l'éther ou de la ligroïne, il se présente sous la forme de beaux cristaux prismatiques et transparents qui fondent à 85°. La solution alcoolique le laisse déposer sous la forme de paillettes blanches fondant à la même température. L'analyse de ces cristaux conduit à la formule $C^{17}H^{22}O$ qui est celle de l'anisylcamphène, produit de déshydratation de l'anisylbornéol tertiaire formé au cours de la réaction



L'huile qui accompagne les cristaux bruts est rectifiée sous pression réduite. Elle passe en majeure partie entre 178° et 180° sous 20^mm et constitue encore de l'anisylcamphène. Il ne nous a pas été possible d'isoler de l'anisylbornéol. Les rendements en carbure sont de 20 à 30 pour 100 de la théorie.

L'anisylcamphène décolore le brome avec dégagement d'acide bromhydrique sans toutefois donner un dérivé bromé cristallisé. En traitant le carbure par de l'acide bromhydrique en solution acide on n'obtient qu'une masse noirâtre incristallisable.

Action du parabromotolylmagnésium sur le camphre. — En faisant agir le dérivé magnésien sur le camphre, dans les mêmes conditions que le dérivé anisylé, et en cherchant à isoler les produits de la réaction, on finit par obtenir, à côté d'un peu de ditolyle, un produit qui. rectifié, passe de 154° à 157° sous 12^mm. Soumis à l'analyse, ce produit donne des chiffres intermédiaires entre ceux qu'exigent le tolylbornéol tertiaire et le tolylcamphène. Nous n'en avons pas poursuivi l'étude en raison du faible rendement de la réaction.

Il résulte de nos recherches que, en faisant réagir les bromures de phényl- et paratolylmagnésium sur le camphre, on réussit à obtenir des alcools tertiaires plus ou moins mélangés avec leurs produits de déshydratation, les *arylcamphènes*. Le même processus ne s'accomplit pas quand on s'adresse au bromure de paraanisylmagnésium. Dans ce cas on n'isole que les produits de déshydratation de l'alcool tertiaire cherché, en l'espèce, l'anysylcamphène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode générale de synthèse de dérivés ω-chlorallylés cycliques et par eux de carbures acétyléniques, d'alcools et d'aldéhydes cycliques.* Note (¹) de M. L. **Bert**, présentée par M. Charles Moureu.

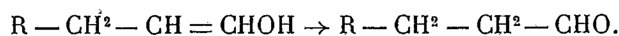
I. La nature et l'intensité du parfum de l'aldéhyde *p*-cuménacétique que nous avons décrite dans une précédente Note nous ont engagé à préparer une série d'aldéhydes nouvelles à noyau *p*-cyménique. La difficulté d'obtention, par les procédés connus, des homologues de la thymylaldéhyde, elle-même inconnue, nous a conduit à imaginer la méthode de préparation suivante :

Lorsqu'on traite, au sein du toluène chauffé vers 100°, une combinaison organomagnésienne mixte, par une quantité équimoléculaire de dichloro-1.3-propène, il se produit une double décomposition, conformément à l'équation



$$RMgX + CH^2Cl - CH = CHCl = R - CH^2 - CH = CHCl + MgXCl.$$

L'éther chlorhydrique de l'alcool vinylique substitué, ainsi obtenu, donne comme on sait, par saponification, l'aldéhyde $R - CH^2 - CH^2 - CHO$, par suite de l'isomérisation



$$R - CH^2 - CH = CHOH \rightarrow R - CH^2 - CH^2 - CHO.$$

Aucun composé du type $R - CH^2 - CH = CHCl$ n'étant connu à l'heure actuelle en série cyclique, nous décrirons ci-dessous les faits expérimentaux qui nous ont permis de poser l'équation précédente.

L'action du dichloro-1.3-propène sur le bromure de phénylmagnésium fournit, avec un rendement à peu près quantitatif, un liquide incolore, doué d'une pénétrante odeur benzénique, auquel l'analyse assigne la formule C^9H^9Cl et qui présente les caractéristiques suivantes :

$$\text{Éb}_{18} = 97°, \quad \text{Eb}_{\text{corr.}} = 212°\text{-}214°, \quad d^{14}_{4} = 1,073, \quad n^{14}_{D} = 1,545.$$

Ce composé donne un dibromure qui constitue une huile jaune pâle, d'odeur curieuse d'iodoforme, pour laquelle

$$\text{Éb}_{12} = 160°, \quad d^{10}_{4} = 1,727 \text{ et } n^{10}_{D} = 1,611.$$

Des deux composés C^9H^9Cl susceptibles de prendre ici naissance, l'un est

(¹) Séance du 11 mai 1925.

le chlorure de cinnamyle, déjà connu, $C^6H^5-CH=CH-CH^2Cl$, l'autre, l'ω-chlorallylbenzène, inconnu à ce jour, $C^6H^5-CH^2-CH=CHCl$. Or : 1° au point de vue organoleptique, l'odeur du chlorure de cinnamyle est moins intense et plus agréable que celle du produit C^9H^9Cl obtenu;

2° Au point de vue physique, les constantes sont très différentes : alors que nous avons trouvé $Eb_{18}=97°$ et $d_4^{14}=1,073$, la littérature chimique indique pour le chlorure de cinnamyle : $Eb_{18}=120°$, $Eb_{22}=125\text{-}126°$, $d_4^{15}=1,101$;

3° Au point de vue chimique, le chlorure de cinnamyle donne un dibromure fusible à 104-105°, bien différent du dibromure liquide que nous avons préparé. De plus le chlorure de cinnamyle réagit sur le magnésium en donnant deux hydrocarbures, le 1.6-diphénylhexadiène-1.5 et le 1.4-diphénylhexène-1. Mélangé enfin avec une proportion équimoléculaire de diméthylaniline, il se transforme en chlorure de diméthylphénylcinnamylammonium, avec lequel on obtient aisément, soit du phénate de cinnamyle fusible à 62°, soit des enlevages rouge orangé sur tissu teint en indigo.

Le composé C^9H^9Cl préparé par nous ne donnant aucune de ces réactions, nous concluons de l'ensemble des observations précédentes que nous avons affaire à de l'ω-chlorallylbenzène.

Contrairement à toute attente, ce composé résiste opiniâtrement à la saponification.

Chauffé au reflux, vers 130-135°, avec trois molécules de potasse caustique en morceaux et son poids d'alcool absolu, il se transforme rapidement et quantitativement en un liquide incolore à odeur douce, balsamique, de formule $C^{11}H^{14}O$, pour lequel $Eb_{22}=127\text{-}128°$, $d_4^{15}=0,970$, $n_D^{15}=1,547$. Nous pensions tout d'abord être en présence de l'ω-éthoxyallylbenzène, mais après avoir vainement tenté d'en obtenir de l'aldéhyde hydrocinnamique par saponification suivie d'isomérisation, nous l'avons identifié à l'oxyde mixte d'éthyle et de cinnamyle $C^6H^5-CH=CH-CH^2-O-C^2H^5$.

L'oxydation permanganique à froid nous a fourni en effet de l'aldéhyde puis de l'acide benzoïques, au lieu de l'aldéhyde et de l'acide phénylacétiques qu'eût donnés l'ω-éthoxyallylbenzène.

II. Par condensation du dichloro-1.3-propène avec divers magnésiens, nous avons préparé jusqu'ici :

1° En collaboration avec M. P.-Ch. Dorier, les ω-chlorallyl-*o*-méthyl, *p*-méthyl, *p*-bromobenzènes;

2° En collaboration avec M. R. Lamy, l'ω-chlorallyl-*p*-méthoxybenzène;

3° Nous-même : l'ω-chlorallyl-*p*-isopropylbenzène, l'ω-chlorobutényl-*p*-isopropylbenzène et le 2-ω-chlorallyl-*p*-cymène.

Voici leurs caractéristiques :

ω-chlorallyl-*o*-méthylbenzène ([a])....	$Eb_{16} = 109°$,	$d_4^9 = 1,061$,	$n_D^9 = 1,545$
» *p*-méthylbenzène ([b])....	$Eb_{16} = 112°,5$,	$d_4^{11,5} = 1,053$,	$n_D^{11,5} = 1,542$
» *p*-bromobenzène ([c])....	$Eb_{14} = 140°$,	$d_4^{18,5} = 1,433$,	$n_D^{18,5} = 1,580$
» *p*-méthoxybenzène......	$Eb_{11} = 120°$,	$d_4^8 = 1,155$,	$n_D^8 = 1,553$
» *p*-isopropylbenzène ([d])..	$Eb_{30} = 146°$,	$d_4^{20} = 1,019$,	$n_D^{20} = 1,532$
ω-chlorobutényl-*p*-isopropylbenzène.	$Eb_{20} = 148°$,	$d_4^6 = 1,015$,	$n_D^6 = 1,537$
2-ω-chlorallyl-*p*-cymène ([e])......	$Eb_{15} = 140°$,	$d_4^{19} = 1,018$,	$n_D^{19} = 1,530$

Dérivés dibromés.

([a])	$Eb_{16} = 176°,5$,	$d_4^{7,5} = 1,705$,	$n_D^{7,5} = 1,599$
([b])	$Eb_{13} = 174°$,	$d_4^{10} = 1,685$,	$n_D^{10} = 1,598$
([c])	$Eb_{12} = 204°$,	$d_4^{19,5} = 1,975$,	$n_D^{19,5} = 1,626$
([d])	$Eb_{12} = 186°-187°$,	$d_4^6 = 1,580$,	$n_D^6 = 1,587$
([e])	$Eb_{14} = 196°$,	$d_4^{16} = 1,531$,	$n_D^{16} = 1,578$

III. Par le bon marché relatif du dichloro-1.3-propène qu'elle met en œuvre, par sa facilité d'exécution, par les rendements élevés qu'elle fournit, la méthode de synthèse de dérivés ω-chlorallylés cycliques que nous venons de faire connaître rendra sans doute des services, car :

1° Aucun composé du type $R-CH^2-CH=CHCl$ n'avait été décrit jusqu'ici en série cyclique;

2° L'action de la potasse alcoolique sur ces composés les transforme, par suite d'une transposition moléculaire, en éthers-oxydes mixtes d'alcoyle et d'alcoylcinnamyle $R-C^6H^4-CH=CH-CH^2-O-R'$ dont la saponification conduit aux alcools cinnamiques substitués $R-C^6H^4-CH=CH-CH^2OH$, qui permettent de passer aux aldéhydes correspondantes; on ne connaissait dans cette série que l'alcool et l'aldéhyde cinnamiques;

3° Les éthers-oxydes mixtes d'alcoyle et d'alcoylcinnamyle donnent aisément par hydrogénation les éthers-oxydes mixtes d'alcoyle et d'alcoylphénylpropyle et, par suite, les alcools phénylpropyliques substitués et les aldéhydes hydrocinnamiques correspondants;

4° Traités par l'amidure de sodium, par la toute récente méthode de M. Bourguel, les dérivés $R-CH^2-CH=CHCl$ donnent les carbures acétyléniques $R-CH^2-C\equiv CH$.

En série grasse, nous n'avons obtenu jusqu'à présent, dans la condensation du dichloro-1.3-propène avec les combinaisons organomagnésiennes mixtes, que de très faibles rendements en dérivés $R-CH^2-CH=CHCl$, car l'atome de chlore y est beaucoup plus labile qu'en série cyclique et donne lieu à d'importantes réactions secondaires au cours de la préparation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlore sur le pinène α.*
Note [1] de M. **Georges Brus**, présentée par M. Paul Sabatier.

Les résultats antérieurs sont peu précis. Deville [2] signala la formation d'un dérivé de substitution $C^{10}H^{12}Cl^{4}$. Naudin [3] obtint un dérivé dichloré liquide $C^{10}H^{16}Cl^{2}$ qui, chauffé, perd HCl et donne du *p*-cymène avec un rendement de 75 pour 100. Aschan [4] montra que la chloruration donne : du *chlorure de bornyle*, un *dérivé dichloré liquide* $C^{10}H^{16}Cl^{2}$ ($E_{10} = 120$-$125°$) et, avec un rendement de 7 pour 100 environ, un *dérivé dichloré cristallisé, orthorhombique* ($a : b : c = 0,8587 : 1 : 1,9320$) ($E_{10} = 130°$, F. = 173-174°).

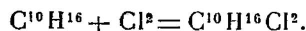
L'auteur n'indique pas l'origine de l'essence étudiée dont le pouvoir rotatoire était $[\alpha]_D = +25°,6$; il y suppose la présence de *nopinène*.

Il était donc nécessaire de reprendre cette étude en opérant sur du *pinène pur, exempt de nopinène*, car il suffit de comparer les formules des deux carbures pour voir qu'ils doivent conduire à des dérivés dihalogénés différents.

Le pinène employé provenait de l'essence du pin d'Alep et avait les constantes : $d = 0,860$; $[\alpha]_D = +48°,1$; $n_D^{15} = 1,458$.

La chloruration a été faite en faisant absorber très lentement la quantité théorique de Cl sec à 100^g de pinène anhydre refroidi entre — 15° et — 20°.

La réaction dure environ 5 heures; il se dégage un peu d'HCl. L'augmentation de poids (50^g) est voisine de l'augmentation théorique (52^g) correspondant à la réaction



$$C^{10}H^{16} + Cl^{2} = C^{10}H^{16}Cl^{2}.$$

Le produit obtenu (150^g), incolore, visqueux, fume à l'air. Il a été distillé directement dans le vide sous 15^{mm} et, entre 80 et 160°, 23 fractions ont été recueillies

Les 8 premières, passant entre 80° et 110°, déposent des quantités abondantes de chlorure de bornyle, F. = 125°-126°, $[\alpha]_D = +25°,3$.

La constitution des fractions suivantes se rapproche de $C^{10}H^{16}Cl^{2}$; ainsi, la fraction 11 (E. = 120-121°) contient 32,72 pour 100 de Cl; calculé pour $C^{10}H^{16}Cl^{2}$: 34,25 pour 100.

---

[1] Séance du 11 mai 1925.

[2] Deville, *Annales de Chimie*, 75, 1840, p. 60.

[3] Naudin, *Bull. Soc. chimique*, 2e série, 37, 1882, p. 111.

[4] Aschan, *Öfversigt Finska Vetenskaps Soc.*, 57, 1915, p. 14.

A partir de la fraction 12 (E. = 121-125°) et, jusqu'à la fraction 17 (E. = 136-138°), on obtient, avec un rendement d'environ 15 pour 100, un produit solide qui, recristallisé dans l'alcool ou l'éther de pétrole, fond à 170-171°; il est inactif sur la lumière polarisée et sa constitution est celle d'un dérivé dichloré $C^{10}H^{16}Cl^2$ (Cl pour 100 : trouvé, 34,02; calculé, 34,25).

Il cristallise en gros cristaux monocliniques dont M. Dufour a bien voulu faire l'étude :

faces $p(001)$ $m(110)$ dominantes;
$h^1(100)$ $a^1(10\bar{1})$ $g^1(010)$ peu développées;
$a : b : c = 1,337 : 1 : 1,384$, $\beta(Ox, Oz) = 121°,42$.

	Angles des normales calculés.	Angles des normales observés.
$mm(110)(1\bar{1}0)$..........	fond	97°22′
mp (110) (001)..........	fond	69°42′
ph^1 (001) (100)..........	58°18′	58°28′
pa^1 (001) $(10\bar{1})$..........	fond	62°38′
$ma^1(110)(10\bar{1})$..........	70°9′	69°47′

Il diffère nettement, par sa forme cristalline, du dérivé $C^{10}H^{16}Cl^2$ orthorhombique d'Aschan.

L'aniline, la poudre de Zn, de Mg, de Cu, en solution alcoolique, sont sans action sur lui. Si l'on admet que l'action du Cl sur le pinène est analogue à l'action du Br, on est conduit à lui attribuer la formule (I) et à l'appeler *chlorure de tricyclène*. Wallach (1) a montré, en effet, que l'action du Br sur le pinène donnait un dérivé $C^{10}H^{16}Br^2$ (II) à partir duquel Godlewsky et Wagner (2), en enlevant le Br par le Zn en solution alcoolique, ont obtenu le *tricyclène* (III) :

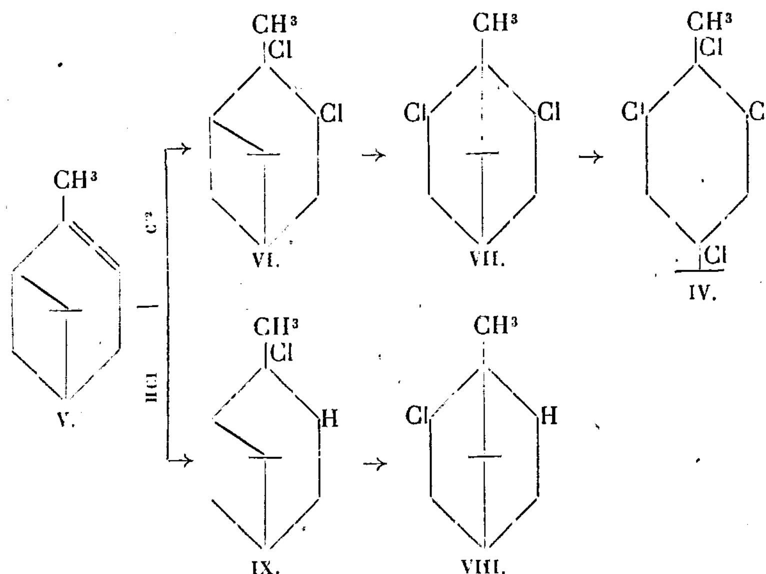
CH^3 — Cl, Cl — I.
CH^3 — Br, Br — II.
→
CH^3 — III.

(1) WALLACH, *Ann. d. Chem.*, 264, 1891, p. 1.
(2) GODLEWSKY et WAGNER, *J. Phys. — Chim. russe*, 28, 1896, p. 903.

Les dernières fractions sont constituées par un mélange de dérivés dichlorés et *polychlorés*. Ainsi, la fraction 21 (E. = 152-155°) contient 42,25 pour 100 de Cl. Calculé pour $C^{10}H^{16}Cl^4$: 59,05 pour 100. Elle renferme probablement un dérivé du type menthane (IV) qui se formerait par une chloruration plus avancée. J'ai constaté, en effet, que le pinène pouvait absorber plus de 2 atomes de Cl.

En résumé j'ai obtenu : du *chlorure de bornyle*, des *dérivés dichlorés liquides*, un *dérivé dichloré cristallisé monoclinique* (F. = 170°) différent des produits signalés jusqu'ici dans l'étude de cette réaction, et de faibles quantités de *produits polychlorés*.

L'action du Cl sur le pinène (V) est donc très complexe; elle ne conduit pas au dérivé normal d'addition (VI), mais *au chlorure de tricyclène* (VII), par une transposition moléculaire analogue à la formation du *chlorure de bornyle* (VIII) à partir du *chlorhydrate tertiaire* (IX) :



CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les aryliminonaphtoquinones. Action des amines aromatiques*. Note (¹) de M. R. **Lantz** et A. **Wahl**, transmise par M. A. Haller.

Les aryliminonaphtoquinones que nous avons décrites (²) se prêtent à un ensemble de réactions générales parmi lesquelles nous nous occuperons

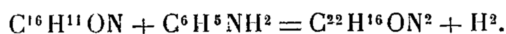
(¹) Séance du 4 mai 1925.

(²) R. Lantz et A. Wahl, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1351.

d'abord de l'action des amines aromatiques primaires. Celles-ci réagissent, soit à l'état libre, soit au sein de dissolvants organiques, pour donner une série de dérivés d'un type tout nouveau.

Ainsi, si l'on introduit la phénylimino-1-naphtoquinone fraîchement préparée, comme il a été dit, dans l'aniline diluée de son poids d'acétone, à la température ordinaire, la solution se colore en brun, et il ne tarde pas à se déposer de beaux cristaux bruns qui, après quelque temps, peuvent être essorés. Après lavages à l'éther on peut les purifier par cristallisation dans un mélange de chloroforme et de ligroïne. L'analyse conduit à leur attribuer la formule $C^{22}H^{16}ON^2$. (Trouvé pour 100 : C = 81,2; H = 5,5; N = 8,6. Calculé pour 100 : C = 81,5; H = 4,9; N = 8,6.)

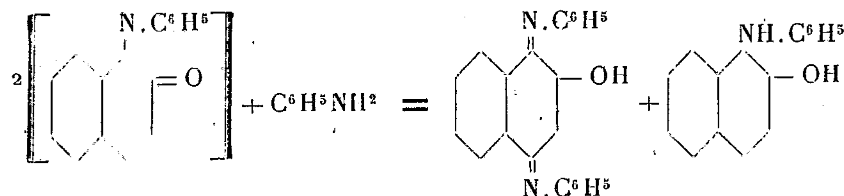
On pourrait donc représenter la réaction par l'équation.



$$C^{16}H^{11}ON + C^6H^5NH^2 = C^{22}H^{16}ON^2 + H^2.$$

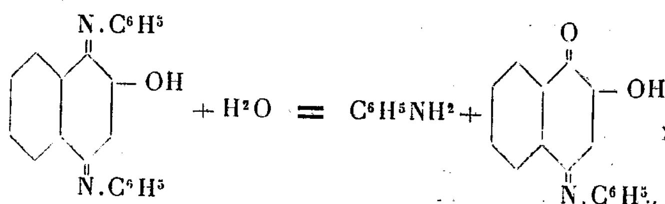
Toutefois l'hydrogène mis en liberté se fixe sur la phényliminonaphtoquinone qu'il transforme en son produit de réduction : le phénylamino-1-oxy-2-naphtalène. Pour retrouver celui-ci, il suffit d'éliminer l'excès d'aniline par la vapeur, de reprendre le résidu par la soude étendue et d'acidifier la solution alcaline; on peut aussi épuiser directement les eaux mères par lavages à la soude étendue et acidifier la liqueur alcaline. Il en résulte qu'il s'est fixé un reste NC^6H^5 sur la phényliminonaphtoquinone pendant qu'une molécule de celle-ci se trouve réduite.

En considérant que la β-naphtoquinone fixe un reste aminé en position 4, on peut admettre *a priori* qu'il peut en être de même ici et que la constitution du produit formé est expliquée par la relation

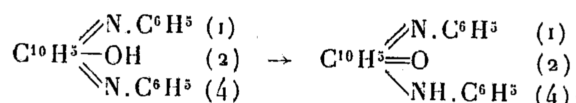


Mais il est facile d'en apporter la preuve. En effet, il suffit d'hydrolyser le composé ainsi obtenu. Pour cela, on broie les cristaux bruns avec de l'acide chlorhydrique dilué d'un peu d'eau et, au bout d'une vingtaine de minutes, on verse la bouillie dans l'eau. Il se précipite des flocons rouge brique, insolubles qui, après essorage et recristallisation, présentent tous les caractères de l'oxy-2-phénylimino-4-naphtoquinone-1 déjà obtenue par Bœniger en

traitant l'acide naphtoquinone-1.2-sulfonique-4 par l'aniline (¹). Cette réaction

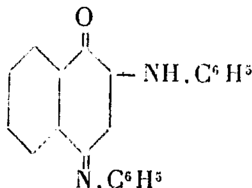


montre que le reste de l'amine ayant résisté à l'hydrolyse est fixé en position 4. Si la position respective des divers groupements se trouve ainsi établie, un certain nombre de caractères montrent qu'une tautomérie dans le sens



ne doit pas être exclue. La première formule représente l'*oxy-2-diphénylıminonaphtoquinone*-1.4; la seconde, la *phénylimino*-1-*phénylamino*-4-*naphtoquinone*-2.

Les diverses arylimino-1-naphtoquinones-2 pouvant réagir avec les amines, le dérivé précédent constitue donc le premier terme d'une nouvelle série de composés dont l'isomère de position :



appelé *anilinonaphtoquinone anilide* est connu depuis longtemps.

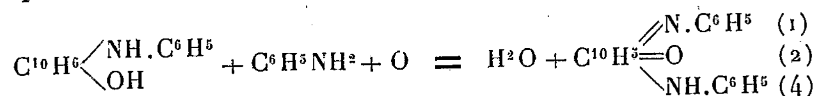
Celui-ci se distingue de notre produit par sa grande stabilité vis-à-vis des acides, par la couleur de sa dissolution dans l'acide sulfurique, par ses solubilités. Enfin, une courte ébullition, au sein de l'acide acétique glacial, transforme le nouveau produit en son isomère précédent.

Comme on l'a vu, l'hydrogène libéré lors de la réaction de l'aniline sur la phényliminonaphtoquinone ne permet pas d'espérer un rendement supérieur à 50 pour 100. On pouvait se demander si la présence d'un oxydant ne serait pas capable d'éviter cet écueil. Or nous avons trouvé, effectivement,

---

(¹) BOENIGER, *Berichte*, 27, 1894, p. 25.

qu'en la présence d'un grand excès d'air et d'un catalyseur constitué par un oxyde métallique, comme la chaux, la baryte, l'oxyde de cuivre, etc., le phénylamino-oxynaphtalène formé par la réduction, se trouve réoxydé au fur et à mesure et que la réaction devient alors totale. Mais, dans ces conditions, il ne devient plus nécessaire de préparer d'avance la phénylimino-naphtoquinone, on peut utiliser directement le phénylamino-oxynaphtalène lui-même, ce qui rend l'obtention de la phénylimino-1-phénylamino-4-naphtoquinone-2 particulièrement facile. La réaction devient alors



$$C^{10}H^6\begin{cases}NH.C^6H^5\\OH\end{cases} + C^6H^5NH^2 + O = H^2O + C^{10}H^5\begin{cases}=N.C^6H^5 & (1)\\=O & (2)\\-NH.C^6H^5 & (4)\end{cases}$$

Toutefois, dans ces conditions, le produit formé se combine à l'oxyde métallique. Le *dérivé cuivrique*, notamment, peut être purifié par cristallisation dans le nitrobenzène bouillant, d'où il se dépose en cristaux bruns. Leur composition correspond à la formule $(C^{22}H^{15}ON^2)^2Cu$, et le même dérivé s'obtient en ajoutant de l'eau céleste à la solution hydro-alcoolique du composé lui-même ([1]).

GÉOLOGIE. — *Origine sous-marine des silex en rognons et lits de la craie du Bassin de Paris.* Note de M. **L. Cayeux**, présentée par M. H. Douvillé.

Les opinions les plus diverses ont été exprimées sur l'âge relatif des silex et des craies qui les renferment. Plusieurs auteurs admettent que la genèse des silex marche presque de pair avec la sédimentation; d'autres en supposent la formation, avant ou pendant l'émersion, dans un dépôt depuis longtemps accumulé; un grand nombre, tablant sur l'existence de silex en veines, reportent l'origine des silex après l'émersion et la consolidation de la craie. Enfin, des géologues sont d'avis que les silex ont pu être engendrés en des temps différents. En fait de preuves directes à l'appui de l'une ou l'autre de ces conceptions, on n'en a guère invoqué qu'une seule, tirée des silex en veines, considérés, à tort croyons-nous, comme un argument décisif en faveur d'une origine très tardive des silex.

([1]) Trouvé pour 100 : Cu, 8,77; N, 8,7; 8,2. Calculé pour 100 : Cu, 8,95; N, 7,9.
La préparation de ces composés est protégée par le brevet français n° 558117 du 30 octobre 1922.

Diverses observations nouvelles, relevées sur le terrain, démontrent que les silex du Bassin de Paris ont pris naissance, en presque totalité, dans la boue crayeuse en voie de dépôt. Les deux suivantes, qui ne sont point les seules probantes, ne laissent subsister aucun doute à cet égard.

1. *Des cordons et lits de silex ont enregistré une action érosive contemporaine de la sédimentation.* — Les régions de Fécamp et d'Étretat fournissent de très beaux exemples de nodules de silex stratifiés en cordons et lits, affectant des dispositions telles qu'ils impliquent une action érosive contemporaine de la sédimentation et une origine des silex antérieure à cette action.

A. Des cordons de silex obliques sont nettement tronqués par un banc horizontal de craie noduleuse, assimilable à un poudingue de craie développé sur le fond de la mer.

B. Des silex répartis en cordons obliques sont arrêtés par une table horizontale de silex. J'ai observé jusqu'à une dizaine de pareils cordons interrompus par un même lit de silex.

C. Des silex distribués en cordons, voire en lits continus, dessinent de petites cuvettes emboîtées les unes dans les autres, toutes interrompues par une table ou par un cordon de silex d'allure horizontale.

Ces manières d'être des silex, et d'autres encore, résultent d'une stratification de courants, admirablement caractérisée, visible à des niveaux très riches en témoignages de ruptures d'équilibre, sous la forme de bancs de craie noduleuse et d'érosion sous-marine.

En conséquence, les cordons et lits de silex ont pris naissance à une époque telle qu'ils ont pu être affectés par des phénomènes d'érosion sous-marine. C'est dire que les silex se formaient en quelque sorte au fur et à mesure que la craie se déposait. S'il en est ainsi, on doit observer des silex remaniés dans la craie même.

2. *Des silex en rognons ont été engendrés assez tôt pour être remaniés dans la craie dont ils procèdent.* — L'exploration des falaises de la Manche m'a permis de recueillir des centaines de fragments de silex remaniés sur le fond de la mer crétacée. Dans la région d'Étretat, en particulier, il existe au sommet du Turonien une craie à silex, passant latéralement à une craie magnésienne, d'aspect congloméré ou non. Ladite craie, y compris ses accidents dolomitiques, renferme des silex doués de caractères physiques qui leur impriment un faciès spécial. Ce sont, notamment, des silex à patine rosée et des silex teintés en rose dans toute leur épaisseur.

L'une des craies magnésiennes en question se signale par la présence de

silex plus ou moins fragmentés. Selon les points, les morceaux de silex sont très disséminés dans le milieu, ce qui est le cas général, ou réunis en grand nombre. Lors de leur maximum de concentration, ils engendrent une véritable brèche, tellement pétrie de silex en débris qu'une place insignifiante est réservée à la gangue crayeuse. L'association de fragments de dimensions très différentes est la règle. Tous les passages existent entre les grains de silex à peine perceptibles à l'œil nu, et les éléments mesurant jusqu'à 7 et 8cm. Il est à noter, en outre, que la collection des fragments reproduit la variété complète des silex non remaniés du même horizon.

La craie à *M. breviporus* des environs de Bavai (Nord), la craie à *Magas pumilus* de Meudon et la craie sénonienne des environs de Sens m'ont également fourni des débris de silex, extraits de leur milieu générateur pendant le dépôt de la craie. Dans ces trois cas, il s'agit d'un très petit nombre d'éclats, toujours groupés en nids, observés une seule fois, dont l'origine remaniée est hors de conteste. Il faut s'attendre à ce que les exemples se multiplient avec le temps.

Conclusions. — De ces faits, on peut tirer les enseignements suivants :

1° La formation des silex des craies considérées suit d'assez près le dépôt de la boue crayeuse pour qu'ils soient remaniés et réintroduits à l'état fragmentaire dans cette même craie en voie d'accumulation. La localisation du phénomène dans un horizon pourvu de types de silex qui lui appartiennent en propre, comme dans la région d'Étretat, ne laisse planer aucun doute sur la formation presque immédiate des silex. Les faits sont tels que la période de temps nécessaire au dépôt de quelques mètres de craie correspond à la genèse et au remaniement des silex. Pour la première fois, il est possible d'assigner à la formation des silex, avec preuve à l'appui, une limite chronologique très étroite.

2° Les matériaux remaniés sont invariablement purs de tout mélange, autre que celui qui fait place à des débris de craie, circonstance qui implique une érosion exclusivement sous-marine.

3° Les fragments sont anguleux et tranchants comme les éclats qu'on peut détacher aujourd'hui des rognons. C'est dire que les silex avaient déjà acquis leur consistance définitive et, en général, toutes leurs propriétés physiques actuelles, lorsqu'ils ont été repris dans la boue crayeuse en voie de formation. Il me paraît ainsi démontré que les silex n'étaient pas mous et pâteux à l'origine, comme maints auteurs l'ont supposé.

On verra bientôt que d'autres conclusions, non moins instructives,

découlent de l'analyse des silex remaniés sur le fond de la mer crétacée.

Pour fixer la véritable portée attribuée aux précédentes observations, j'ajoute que la même origine sous-marine me paraît devoir être attribuée à tous les silex en rognons de la craie du Bassin de Paris, exception faite pour de très rares nodules formés en deux temps (1), et tous les silex en tables. La question de l'âge relatif des silex en veines est beaucoup plus difficile à élucider. Certains d'entre eux, tout au moins, caractérisés par une faible extension verticale, ont pris naissance en même temps que les silex en rognons qui les accompagnent.

GÉOLOGIE. — *Sur le faisceau de plis en retour de Valsavarenche et les prolongements de l'éventail de Bagnes dans les Alpes franco-italiennes.* Note (2) de M. **Frédéric Hermann**, transmise par M. Ch. Depéret.

Le massif de Valsavarenche fut reconnu comme la continuation Graie de l'immense pli en retour de la nappe du Grand-Saint-Bernard aux Mischabel, en Valais, dès que la structure en nappes des régions cristallines des Alpes occidentales fut établie (3). Il ne pouvait passer, jusqu'ici, d'après les documents existants, que pour un grand pli, de structure assez simple, semblable à celui du Valais et fermé au Sud-Est au Col de Belleface, au Nord de la Grivola.

Mes recherches dans le massif Grand-Paradis-Rutor m'ont permis de constater qu'il s'agit là, au contraire, d'une zone extrêmement tourmentée, se composant d'un faisceau serré de plis isoclinaux complexes, séparés l'un de l'autre par des lames synclinales, dont quelques-unes seules étaient partiellement connues jusqu'ici, formées généralement de Trias calcaire, accompagné localement de lambeaux de schistes lustrés. Ces lames n'ont souvent que quelques centimètres d'épaisseur, dépassent rarement 4-5^{m} et disparaissent même çà et là par étirement.

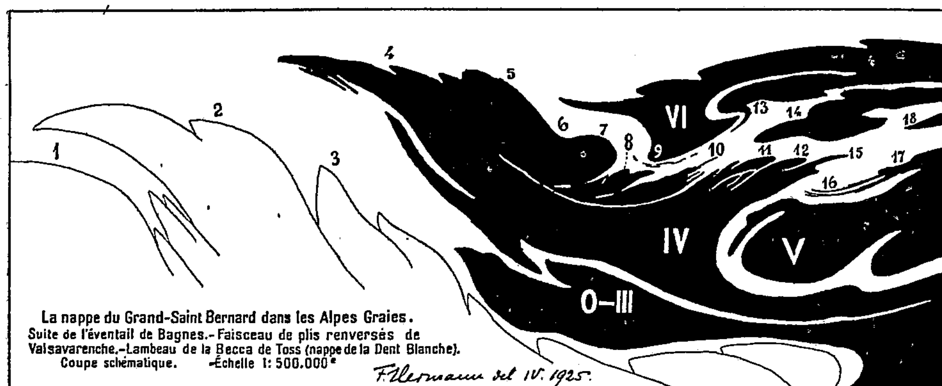
Les trois plis extrêmes (15, 12 et 11 de la figure ci-après) représentent

(1) L. Cayeux, *De l'existence de silex formés en deux temps. Conséquences au point de vue de la période de formation des silex de la craie* (*Ass. fr. Av. Sc.*, Congrès de Carthage, 1896, p. 290-293).

(2) Séance du 4 mai 1925.

(3) M. Lugeon et E. Argand, *Sur les grandes nappes de recouvrement de la zone du Piémont* (*Comptes rendus*, 140, 1905, p. 1364).

certainement une partie violemment comprimée de la même carapace de la nappe, qui, dans les Pennines centrales, a une allure presque plane sur les 25^{km} qui séparent l'extrémité du pli des Mischabel, au-dessus de Zermatt, de la racine de l'éventail de Bagnes, dans les parages du Mont Carré sur Sion. Les plis suivants (10, 8 et 7) sont très probablement les digitations extrêmes de la continuation Graie de cet important accident tectonique. Le serrage intense du faisceau entier et l'érosion moins favorable ne permettent pas l'observation directe du synclinal entier séparant l'éventail de la nappe, si aisément visible le long du versant occidental du Val d'Hérens en Valais.



MASSIFS HERCYNIENS : 1, des AIGUILLES ROUGES; 2, du MONT BLANC; 3, du MONT CHETIF.

O-III. NAPPES INFÉRIEURES DU SIMPLON ET DU TESSIN, résumées en une seule masse schématique.

IV, NAPPE DU GRAND SAINT-BERNARD : 4, éventail de Bagnes; 5, projection du Mont Fallère et du Mont Vélan; 6, ensellement de Court de Bard; 7, bombement du Rutor; 8, double pli de Saint-Nicolas et du Truc d'Arbey; 10, pli et écailles de Chesallet-Champlong sur Villeneuve-Rhêmes-Saint-Georges; 11, pli de Ran et lames synclinales de Rhêmes Notre-Dame; 12, pli de la Bioula et de la Rouletta; 15, digitation extrême de la Grivola.

V. NAPPE DU GRAND PARADIS-MONT ROSE : 16, digitations triasiques de Dégioz; 17, pli de Léviona.

VI. NAPPE DE LA DENT BLANCHE : 9, lambeau de la Becca de Toss; 13, digitation du Mont Mary; 14, digitation du Mont Émilius; 18, écaille du Mont Rafray.

Des éléments structuraux et tectoniques indiquent cependant avec probabilité l'existence de ce synclinal, qui semble devoir se prolonger fort loin, en profondeur, vers les régions externes, sous le pli de Rhêmes-Saint-Georges (10), effilé en écailles minces et nombreuses de Trias calcaire, de micaschistes et de quartzites. Les traces les plus orientales de ce pli se voient dans les affleurements triasiques des environs de Chesallet, près Aoste; des lames nombreuses de calcaires triasiques, avec, parfois, des micaschistes et quartzites, dont une se prolonge vers le haut jusqu'au Grand Puignon, affleurent le long du chemin de Villeneuve à Valsavarenche, près de Champlong dessus; la masse entière sort au jour à Rhêmes-

Saint-Georges et, au Sud, dans la Montagne de Felumma, où l'on voit de nombreuses écailles.

Tout cela ressemble fort à ce que l'on constate dans les digitations extrêmes de Flancmayen, de Getty, du Sasseneire et des Becs de Bosson appartenant à l'éventail de Bagnes ([1]).

Il existe en outre une divergence entre la direction normale NE-SW, des trois plis extrêmes (15), (12) et (11), et celle qui passe de NNE-SSW à N-S, de ceux de Rhêmes-Saint-Georges (10), de Saint-Nicolas (8) et du Rutor (7), qui tendent à dépasser, vers les régions plus méridionales, l'extrémité même du faisceau. Cela est près d'avoir lieu sur l'arête-frontière et dans le haut Val d'Isère, où ces derniers plis sont largement séparés des premiers, dont les extrémités seules affleurent, dans les entailles orographiques les plus profondes, par des zones synclinales; on a par là l'indication d'une différence d'origine tectonique entre les deux groupes.

Les parties externes de ce synclinal sont, d'ailleurs, peut-être moins invisibles que cela peut sembler. Elles pourraient venir au jour dans le Val d'Isère moyen, entre Sainte-Foy et Tignes, par exemple.

Enfin, des masses imposantes de calcaires triasiques, dont la carapace de la nappe est habituellement peu dépourvue, reposent, dans les Alpes Graies, et même Cottiennes, à partir du haut Val de Rhêmes, sur les digitations que j'attribue à l'éventail de Bagnes et à ses prolongements.

On voit ainsi disparaître complètement vers le Sud, pour ne reparaître au jour qu'au Pelvo d'Elva et au Riouburent, dans les Alpes Cottiennes méridionales, les prolongements du pli renversé des Mischabel et du faisceau de Valsavarenche (*sensu stricto*).

Le massif du Mont Pourri et le Massif entier de la Vanoise (l'examen des cartes géologiques, en tenant compte des faits nouveaux indiqués, ne peut que porter à cette conclusion) appartiennent en entier, et non en partie, aux prolongements de l'éventail de Bagnes, qu'il convient, désormais, de nommer à nouveau de son ancien nom, plus compréhensif, d'*éventail franco-italien*.

Les masses triasiques, affleurant entre Modane et Lanslebourg, et leur digitation extrême de la Roche Melon, ne sont autres que les parties extrêmes de l'éventail, homologues de celles d'Arzinol et du Sasseneire dans les Pennines, de Rhêmes-Saint-Georges et du massif Granta Parei-Tsanteleina, entre Val d'Isère et Rhêmes.

([1]) *Sur l'éventail de Bagnes et la nappe de la Dent Blanche* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1118). La figure ci-jointe peut servir pour illustrer cette Note.

PÉDOLOGIE. — *Sur la constitution chimique de la terre à brique.* Note de M. A. **Demolon**, présentée par M. Lindet.

Dans une Note précédente nous avons envisagé la texture physique d'un type de limons quaternaires bien défini. Nous exposerons ici les résultats fournis par l'analyse chimique des mêmes échantillons.

Examen comparé des diverses assises. — La similitude que nous avons signalée dans la texture des divers niveaux stratigraphiques se retrouve à l'analyse chimique. Cependant, sur le terrain, l'ergeron se distingue en général nettement de la terre à brique jaune rouge par sa teinte jaune clair. Corrélativement, on constate une proportion d'oxyde de fer plus élevée dans la terre à brique :

		Pour 100.
Chauny	Terre à brique	0,79
	Ergeron sous-jacent calcaire	0,45
Vouël	Terre à brique	1,25
	Ergeron sous-jacent décalcifié	0,90

Cet oxyde de fer (limonite), précipité à la surface des éléments sableux qu'il enrobe, détermine un véritable phénomène de teinture de la masse. Si l'on soumet la terre à brique à l'agitation mécanique au contact de l'eau distillée, le décapage se produit et la teinte se modifie en se rapprochant très sensiblement de celle de l'ergeron.

Lorsque l'ergeron est calcaire, le carbonate de chaux le protège contre le phénomène de rubéfaction dû à l'acide carbonique; après décalcification, son évolution le transforme en terre à brique. Cette décalcification de l'ergeron est actuellement presque partout réalisée dans le Saint-Quentinois et le Cambrésis, sauf pour quelques îlots où l'on trouve encore jusqu'à 8 ou 10 pour 100 de CO^3Ca. Terre à brique et ergeron doivent donc être considérés comme correspondant à la même formation sédimentaire à des stades différents de son évolution.

Quant au limon fendillé moyen analogue à la terre à brique et rubéfié comme elle, il convient d'y voir la partie supérieure d'un dépôt d'âge différent mais de même nature.

Analyse des divers fractionnements. — L'analyse chimique a été effectuée simultanément sur chacun des cinq fractionnements de la lévigation opérée après l'élimination des traces de carbonates terreux par HCl à 2 pour 100 à froid. La silice totale, le fer, l'alumine et la magnésie, ont été dosés après fusion aux carbonates alcalins; la potasse,

par attaque fluorhydrique. De plus, nous avons séparé la silice inerte par attaque avec SO^4H^2 à la moitié suivi d'une reprise chlorhydrique et d'une dissolution de la silice mise en liberté par une solution alcaline. L'étude du résidu ainsi obtenu nous a montré qu'il était formé de quartz sensiblement pur. Pour doser l'oxyde de fer libre, nous avons mis à profit la solubilité de la limonite dans l'acide oxalique et titré le fer soluble dans une solution aqueuse de cet acide à 2 pour 100 après 48 heures de contact. La soude, et surtout la chaux, nous ont donné des chiffres trop faibles pour que nous les ayons fait figurer dans le tableau ci-après :

	SiO^2			Fe^2O^3				H^2O	
	quartzeuse.	combinée.	Al^2O^3.	libre.	combinée.	MgO.	K^2O.	combinée.	PH.
Argile	10,4	38,6	24,2	4,50	6,40	1,90	3,50	10,50	3,40
Limon fin...	58,6	18,0	10,7	1,45	3,15	1,02	2,45	4,10	4,10
Limon	70,8	12,2	7,04	0,89	2,47	0,75	2,10	3,50	4,68
Sable fin....	76,5	9,0	6,0	0,62	2,38	0,65	1,30	2,50	5,56
Sable moyen.	80,5	7,5	4,50	0,65	2,95	0,60	0,80	2,0	5,75
Terre totale.	61,1	15,85	9,47	1,38	2,93	0,95	2,13	3,60	4,60

Rapports moléculaires.	Argile.	Limon fin.	Limon.	Sable fin.	Sable moyen.
$\frac{(SiO^2)}{(H^2O)}$	1,1	1,3	1,0	1,1	1,1
$\frac{(SiO^2)}{(Al^2O^3)}$	2,7	2,8	2,9	2,5	2,8
$\frac{(SiO^2)}{(Al^2O^3)+(Fe^2O^3)}$	2,1	2,2	2,2	2,0	2,0
$\frac{(SiO^2)}{(Al^2O^3)+(Fe^2O^3)+(MgO)+(K^2O)}$	1,64	1,62	1,55	1,40	1,40

Dans le calcul des rapports ci-dessus nous n'avons fait intervenir que le fer et la silice combinés, abstraction faite de l'oxyde de fer libre et de la silice dont la proportion augmente rapidement avec les dimensions des fractionnements.

Si l'eau de constitution apparaît très voisine de celle qui correspond à la kaolinite, le rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$ indique la présence de silicates différents qui ne sauraient être représentés par la muscovite fréquente dans d'autres argiles. Le rapport $\frac{SiO^2}{(Al^2O^3)(Fe^2O^3)}$ étant très voisin de 2, on peut admettre comme première approximation un mélange isomorphe d'alumo et de ferri-silicates, anologue à celui signalé par M. Le Chatelier [1] pour les argiles vertes du gypse. D'autre part, la présence de la magnésie et de la potasse en quan-

(1) LE CHATELIER, *La silice et les silicates*, 1914, p. 463.

tités très notables, jointe à l'identification de la glauconie dans les fractionnements sableux, autorise à considérer cette dernière comme l'origine des ferrisilicates, de la potasse non attribuable au mica, et de l'oxyde de fer libre. Observons en outre que le P_H varie d'une manière continue et dans le même sens que le rapport de la silice aux bases, avec maximum pour la fraction argileuse. La disparition des éléments basiques entraîne donc l'acidification de tels sols et notamment de leurs éléments les plus fins.

On ne trouve dans ces limons ni sulfates, ni soufre combiné en quantité dosable, malgré la fréquence des éléments pyriteux dans les dépôts tertiaires dont ils proviennent. Pas de sels alcalins contrairement au loess. La proportion de P^2O^5 total correspond aux sols les plus pauvres (0,4 à 0,7 pour 1000). Enfin, nos échantillons, traités par la soude étendue dans les conditions indiquées par Th. Schlœsing [1], ont donné une quantité d'alumine de 0,31 à 0,48 pour 100, avec une proportion de silice variant de 0,40 à 0,55. On peut donc conclure à l'absence d'alumine libre et de phénomènes de latérisation. Dans l'ensemble de nos formations sédimentaires, ces limons apparaissent comme ayant subi au maximum les phénomènes de dégradation et de lixivation dus à l'action de l'eau.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les Légumineuses de la tribu des Téphrosiées cultivées dans les pays tropicaux pour capturer le poisson : leurs usages et leur distribution géographique.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. Henri Lecomte.

Dans la plupart des régions tropicales du globe, les indigènes utilisent, de temps immémorial, des produits végétaux d'origine botanique très variée pour narcotiser les poissons dans les rivières et les capturer plus facilement. La Ménispermacée, connue sous le nom de Coque du Levant (*Anamirta paniculata* Colebr.) de l'Inde et de Ceylan, est la plante la plus employée pour cet usage, mais il en existe un grand nombre d'autres se rapportant aux familles les plus diverses. Parmi ces plantes, celles qui appartiennent à la tribu des Téphrosiées de la famille des Légumineuses-Papilionacées, méritent une mention spéciale, parce que pour plusieurs espèces de ce groupe, rattachées les unes au genre *Tephrosia*, les autres au genre *Mundulea*, l'homme ne se contente pas de recueillir les plantes sau-

(1) *Comptes rendus*, 132, 1901, p. 1203.

vages, mais il les cultive ou les a cultivées autrefois sur des aires très étendues.

L'espèce la plus anciennement connue est le *Tephrosia purpurea* (L.) Pers., aujourd'hui répandue dans tous les pays tropicaux du globe comme mauvaise herbe et jusque dans les îles de l'Océanie les plus éloignées des continents et dont une variété *piscatoria* (Pers.) est parfois employée par les pêcheurs.

A Madagascar, plusieurs Téphrosiées sauvages (*Tephrosia monantha* Baker et trois espèces de *Mundulea*), connues sous le nom de *Fanamo*, sont employées pour la pêche.

Le genre *Mundulea*, qui comprend une quinzaine d'espèces, est spécial à la grande île, mais l'aire d'une de ces espèces, le *M. sericea* (Willd.) comb. nov. (= *Cytisus sericeus* Willd., 1800 = *Tephrosia sericea* DC. = *Robinia suberosa* Roxb. 1814 = *T. suberosa* DC. = *T. icthnica* Bert.) a pris une extension considérable par suite de la culture dont il a éte l'objet depuis un temps immémorial. On le rencontre aujourd'hui spontané sur la côte ouest de Madagascar, puis cultivé et naturalisé dans les vallées de la Péninsule du Bengale, ainsi qu'à Ceylan, dans plusieurs îles de l'Insulinde (Madura, etc.), dans toute l'Afrique orientale, ainsi qu'au Natal et dans l'Angola. Il existe aussi à l'état cultivé au Darfour et dans la Nigéria du Nord, mais nous ne l'avons pas rencontré en Afrique centrale. Au Soudan nigérien, le *Mundulea* est souvent cultivé par les Bambaras, Mossis, Sénoufos, et surtout par les Somonos, pêcheurs des bords du Niger.

On l'ensemence en terre profonde par plants isolés, espacés de $1^m,50$ à 3^m. Un sujet peut durer 2 ou 3 ans; il mesure habituellement $1^m,50$ à 3^m, cependant nous en avons vu qui pouvaient s'élever à 5^m ou 6^m. La feuille seule est utilisée. La cueillette des rameaux feuillés se fait en mars-mai, au moment des basses eaux. On pilonne les feuilles encore fraîches dans un mortier à mil; sitôt écrasées elles sont mises dans des sacs et jetées dans les biefs réputés poissonneux. Plusieurs indigènes répandent dans l'eau en la délayant la matière végétale pendant que d'autres rabattent vers le bief le poisson à l'aide de pirogues, de perches et de filets. Lorsque les poissons arrivent dans la partie où flottent des débris de *Mundulea*, ils sont intoxiqués et viennent à la surface de l'eau : on n'a plus qu'à les recueillir.

Le *Mundulea* est remplacé dans nos colonies forestières : Basse-Guinée, Côte d'Ivoire, Dahomey, Gabon, Moyen-Chari, Oubangui par le *Tephrosia Vogelii* Hook. f. qui n'existe également qu'à l'état cultivé autour des villages et est employé aux mêmes usages que le *Mundulea*. Welwitsch dit l'avoir trouvé cultivé et spontané dans l'Angola, mais nous nous demandons s'il n'y

est pas plutôt naturalisé et s'il ne serait pas originaire d'Amérique, car il a de grandes affinités avec le *T. Singapou*.

Le *T. Vogelii* est une plante vivace de 2^m à 3^m de haut, cultivée pour la pêche par presque toutes les peuplades forestières de l'Afrique tropicale depuis le Mozambique jusqu'au Gabon. D'après l'Herbier du Muséum, il n'existerait ni à Madagascar ni aux Comores où on l'a signalé par confusion avec d'autres espèces, mais certaines stations expérimentales de Malaisie et des Antilles ont commencé à le cultiver comme engrais vert. On sait que M. Hanriot (¹) a isolé, des feuilles de *T. Vogelii*, un corps cristallisé, la téphrosine, qui agit à très faible dose pour tuer les poissons; enfin tout récemment Tattersfied, Ginningham et Morris ont montré que ce corps pouvait également être employé pour la destruction des insectes nuisibles.

En Amérique tropicale, les Indiens ont cultivé pour la pêche et comme insecticide un *Tephrosia* aujourd'hui encore subspontané dans le nord du Brésil, dans les Guyanes, au Pérou, à Costa-Rica, etc. Cette espèce, d'après les recherches que nous avons effectuées dans l'Herbier du Muséum, doit être appelée *Tephrosia Singapou* (Buchoz) comb. nov. et sa synonymie est la suivante :

Galega Singapou Buchoz (1774-1778) = *Galega cinerea* Aublet, 1775 (non L.) = *G. sericea* Lamk., 1786 (non *T. sericea* Baker) = *G. toxicaria* Sw. 1788 = *T. toxicaria* Pers., 1808 = *T. emarginata* H. B. K. = *Cracca toxicaria* O. Kuntze.

Ce *Tephrosia* était connu des Caraïbes sous les noms de *Onaboubouë* (Surian) et de *Sinapou* (Aublet), et sa culture devait être très répandue à l'époque précolombienne. Il était encore commun aux Antilles au moment des voyages du P. Ch. Plumier (1689-1697), ainsi qu'en témoigne son Manuscrit sur la flore d'Amérique conservé au Muséum. Vers 1780, il était déjà devenu très rare à la Martinique d'après l'étiquette accompagnant le spécimen décrit par Lamarck sous le nom de *Galega sericea* (1786). Aucune des listes de plantes des Antilles publiées depuis un siècle n'en fait plus mention et il n'est guère douteux qu'il a disparu de ces îles peu de temps après l'extinction des Caraïbes. Le *T. Singapou* n'a point été apporté d'Afrique par les nègres au moment de la traite comme le supposait Tussac; E. Palmer l'a en effet découvert en 1886 à l'état spontané dans le creux des canons du Rio-Blanco (Mexique) en compagnie de deux espèces affines le *T. talpa* Wats. et le *T. affinis* Wats.

Il apparaît ainsi que des peuples, vivant très éloignés les uns des autres,

---

(¹) *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 498.

sur des continents différents, et sans rapports sans doute les uns avec les autres, ont domestiqué, puis cultivé et répandu des Téphrosiées plus ou moins proches les unes des autres et ayant en commun la propriété de tuer le poisson.

La culture de ces plantes est aujourd'hui en grande partie abandonnée par les pêcheurs indigènes des différentes contrées, mais il semble qu'elles sont appelées à jouer, dans l'avenir, un rôle intéressant dans l'économie rurale des pays tropicaux. Les Téphrosiées dont il a été question constituent en effet des cultures améliorantes de premier ordre, grâce à l'abondance sur leurs racines de tuberculoïdes à bactéries. Elles pourront aussi devenir la source de produits insecticides recherchés par l'agriculture tropicale.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'action des acides minéraux et organiques combinée à celle du sodium métallique sur le rougissement de quelques flavones.* Note [1] de M. **St. Jonesco**, présentée par M. M. Molliard.

Nous avons montré dans une précédente Note [2] l'action combinée du sodium métallique et de l'acide chlorhydrique sur le rougissement d'un flavone extrait de feuilles rouges de *Prunus Pissardi*. Examinons maintenant l'action de divers autres acides minéraux ou organiques combinée à celle du sodium, sur le même flavone et sur la quercétine chimiquement pure. Les expériences ont été faites de la même façon que pour le travail résumé dans la Note précédente. Après l'action du sodium sur les pigments jaunes, nous avons traité ceux-ci par l'acide sulfurique, l'acide azotique et l'acide acétique concentré. Les résultats ont été les suivants :

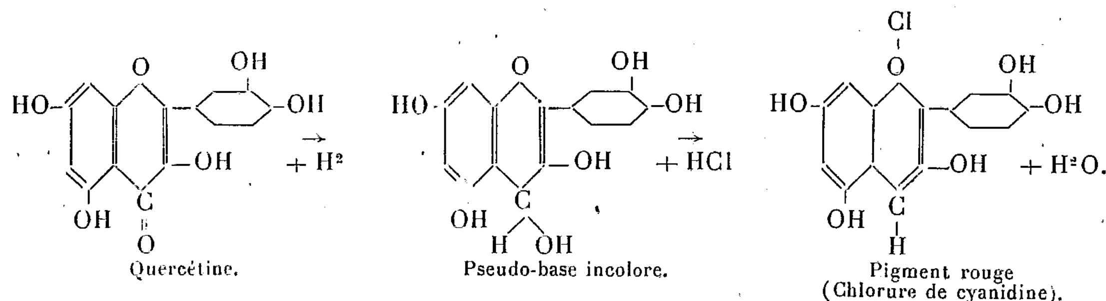
Avec l'acide sulfurique le pigment prend une coloration rouge plus intense et plus persistante que celle obtenue avec de l'acide chlorhydrique. Des résultats tout autres ont été obtenus avec l'acide azotique et l'acide acétique. L'acide azotique colore aussi le pigment réduit par le sodium métallique, mais la coloration obtenue est très passagère; la couleur rouge commence immédiatement à pâlir et finit par être remplacée par une jaune. Avec l'acide acétique, la couleur que le pigment prend est d'un rouge pâle et disparaît tout de suite; elle ne persiste pas une minute.

Il résulte de tous ces essais que les deux flavones sur lesquels on a expé-

(1) Séance du 11 mai 1925.

(2) St. Jonesco, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1361.

rimenté, ne se transforment jamais en pigments rouges sous l'influence de l'hydrogène naissant; c'est seulement le sodium métallique qui modifie le pigment de façon à le rendre susceptible de se colorer ultérieurement en rouge, sous l'influence des acides chlorhydrique et sulfurique. Faisons remarquer, d'autre part, que l'hydrogène naissant, d'après les réactions formulées par les auteurs partisans de la formation des anthocyanes par réduction, ne transforme la quercétine qu'en pseudo-base incolore comme l'indique la formule suivante :



Quercétine. Pseudo-base incolore. Pigment rouge (Chlorure de cyanidine).

C'est après cette transformation seulement, quand l'hydrogène naissant cesse d'agir, que la pseudo-base se transforme en pigment rouge sous l'action de l'acide. Par conséquent, en suivant rigoureusement les réactions indiquées par les auteurs en question, il est impossible d'admettre le rougissement du flavone par l'hydrogène naissant, dont l'action reste limitée à la transformation du pigment en pseudobase.

Voyons maintenant si le pigment obtenu par cette voie est ou non une anthocyane. Si l'on fait d'abord agir, sur la solution rouge fraîchement préparée, l'ammoniaque, la potasse, la soude, l'eau de baryte, le carbonate de sodium, elle présente alors toutes les réactions de la quercétine et non pas celles des anthocyanes. Avec l'acétate de sodium le pigment rouge obtenu par l'action de l'acide et du sodium se décolore complètement, tandis que les anthocyanes virent au violet avec ce réactif. Si l'on chauffe la solution rouge décolorée au contact de l'air et passée dans l'alcool amylique avec de l'acide chlorhydrique à 17 pour 100, elle n'acquiert plus jamais la coloration rouge initiale. Or les pseudo-bases d'anthocyanidines traitées de la même manière reprennent la coloration rouge primitive.

Enfin nous avons séparé et purifié le pigment rouge artificiel. On évapore la solution alcoolique et une masse amorphe se dépose. On reprend cette masse plusieurs fois par l'alcool éthylique et enfin par l'alcool méthylique. Le pigment qui se dépose, par l'évaporation de l'alcool, se présente sous

forme d'une masse amorphe brune, très brillante. La substance est insipide et insoluble dans l'eau, dans les acides dilués; très soluble dans les acides dilués, dans l'alcool éthylique, l'alcool méthylique, l'acétone, l'éther sulfurique.

Par ses propriétés de solubilité dans l'éther, ce corps diffère complètement des anthocyanes, dont les propriétés d'insolubilité dans ce dissolvant sont connues.

Dans une solution alcoolique concentrée le pigment prend une coloration brun foncé sans présenter la moindre nuance de rouge. Si l'on traite le pigment dans une solution alcoolique avec les réactifs cités ci-dessus, il ne présente plus aucune réaction; les réactifs sont sans effet sur le pigment réduit. Traité par des acides, le pigment ne change pas de couleur, caractère tout à fait contraire à ceux des anthocyanes. Ensuite, traité par le perchlorure de fer, par l'azotate d'argent ammoniacal, par l'acétate de plomb, par l'eau de baryte, ce pigment ne donne plus les réactions caractéristiques ni des anthocyanes, ni des flavones initiaux. Enfin, nous pouvons compléter la nature non anthocyanique de ce pigment par les dernières recherches de Willstätter et Mallison [1], d'où il résulte que le corps rouge obtenu par la réduction de la quercétine présente les caractères des anthocyanes seulement en ce qui concerne sa coloration et en diffère totalement par ses réactions chimiques. C'est bien aussi le cas du pigment rouge obtenu par nous.

Il ressort de nos recherches : 1° que l'hydrogène naissant ne réduit pas les flavones en pigment rouge; 2° que le sodium métallique seul est l'agent de la modification des chromogènes flavoniques; 3° que le rougissement est dû à l'action des acides minéraux (HCl et SO^4H^2) sur le flavone modifié par le sodium; et 4° que le produit rouge ainsi obtenu n'est pas une anthocyane.

---

(1) Willstätter et Mallison, *Ann. Chem.*, 408, 1915, p. 15.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la sensation de l'intensité des sons d'après la théorie ionique de l'excitation.* Note (¹) de M. **P. Lasareff**, présentée par M. d'Arsonval.

La théorie classique de Helmholtz (²) montre que les sensations auditives se produisent quand les vibrations des fibres de Corti sont suffisamment intenses et produisent l'excitation des nerfs.

Mes recherches (³) ont démontré qu'il faut admettre, dans les cellules disposées sur des fibres de Corti, l'existence de substances qui réagissent sous l'influence des vibrations des fibres, et qui produisent, pendant cette réaction, des ions excitateurs des nerfs acoustiques. D'après cette théorie, la sensation de l'intensité des sons dépend de l'amplitude des vibrations des fibres de Corti. Nous savons cependant que les nerfs ne peuvent pas avoir des excitations de différents degrés; ou le nerf n'est pas excité, ou il reçoit une excitation maxima indépendante de l'intensité de l'agent excitant (loi du tout ou rien). D'après cette propriété des nerfs, nous ne devons avoir qu'une seule sensation de l'intensité du son; les variations de cette intensité ne peuvent pas être expliquées.

Pour pouvoir résoudre cette contradiction, nous admettons qu'il y a des cellules de différentes sensibilités, disposées sur une même fibre de Corti, et qu'il existe une série de fibres ayant une même fréquence de vibrations. D'après ces hypothèses, la réaction dans les cellules n'existe pas pour des sons très faibles; les sons de plus en plus intenses produisent une réaction dans des cellules de plus en plus nombreuses, et le nombre des cellules excitées nous donne une sensation de l'intensité.

Si les sons agissants sont très intenses, la réaction se produit dans les cellules disposées sur les fibres qui ont un nombre de vibrations moindre que celui du son agissant. Les sons très intenses doivent donc être ressentis comme des sons plus graves. D'après ce que nous avons dit, le chan-

---

(¹) Séance du 20 avril 1924.

(²) H. v. Helmholtz, *Die Lehre von den Tonempfindungen*, p. 194-250 (Braunschweig, 1913).

(³) P. Lasareff, *Recherches sur la théorie ionique de l'excitation*, p. 141 (Moscou, 1918). — P. Lasareff, *Ionentheorie der Reizung*, p. 38 (Berne et Leipzig).

gement de la sensibilité de l'organe de l'ouïe, nommé adaptation [1], doit dépendre du nombre de cellules dans lesquelles les substances sensibles sont restituées. La restitution progressive des substances tonosensibles ne se produit pas, après la destruction, simultanément dans toutes les cellules de l'organe de Corti, mais cette restitution a lieu dans l'une ou dans l'autre cellule d'après les lois de probabilité, et la sensibilité dépend du nombre de cellules restituées. L'équation de la variation de sensibilité que j'ai donnée [2], doit donc avoir une valeur statique et ne s'applique pas à chaque cellule isolée.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Principe d'une méthode de dosage des variations de l'acide carbonique dissous.* Note de M. **R. Legendre**, présentée par M. L.-F. Henneguy.

Depuis que, chez les êtres vivant dans l'air, Lavoisier a mesuré les échanges chimiques de la respiration, puis Senebier et de Saussure ceux de la photosynthèse, les physiologistes cherchent des méthodes permettant les mêmes déterminations chez les êtres aquatiques. La difficulté à laquelle ils se sont constamment heurtés et qui les a empêchés d'aboutir provient de l'existence, dans tous les milieux biologiques liquides, de bicarbonates alcalins présentant une sensible tension de dissociation.

Aussi, dispose-t-on d'un très grand nombre de données numériques expérimentales sur l'excrétion de CO^2 par l'homme et les vertébrés supérieurs, dont on a su tirer d'importantes déductions pour le métabolisme chimique et énergétique; on commence à étudier de même les invertébrés terrestres. On connaît bien également les échanges gazeux dus à la respiration et à l'activité chlorophyllienne des plantes aériennes. Mais on n'a encore aucune donnée précise sur les échanges d'acide carbonique entre les êtres vivants aquatiques et leur milieu, et les quelques dosages effectués jusqu'ici, d'ailleurs des plus discordants, doivent, de l'aveu même de leurs auteurs, n'être considérés qu'avec les plus expresses réserves.

C'est ce qui m'incite à rappeler les méthodes déjà décrites, à montrer leur

(1) Voir des recherches de mon laboratoire dans *Bulletin de l'Institut de physique et de biophysique de Moscou* (en russe), 1919-1922, 1, p. 1, 18, 117, 152, et P. Lasareff, *loc. cit.*

(2) P. Lasareff, *Recherches*, p. 142. — *Ibid.*, *Pflügers Archiv*, 191, 1921, p. 1.

insuffisance et indiquer la voie dans laquelle, à mon avis, se trouve la solution de ce problème [1].

L'extraction des gaz dissous par ébullition, employée par Humbolt et Provensal (1809), Frémy (1839), Morren (1843), etc.; celle par le vide associé au chauffage, pratiquée par Gréhant (1870), Jolyet et Regnard (1877), Bohn (1901), etc., si elles permettent un dosage exact de l'oxygène dissous, sont tout à fait insuffisantes pour CO^2, les bicarbonates du liquide se dissociant en fonction du P_H à mesure que la tension de CO^2 diminue dans l'atmosphère située au-dessus.

L'acidification par un acide fort, suivie d'une extraction à la pompe, préconisée par Winkler (1903), Warburg (1909) et récemment par Van Slyke, donne la totalité de l'acide carbonique, libre et combiné; comme la partie libre est, dans les milieux biologiques, très petite par rapport à celle combinée, la méthode manque de sensibilité.

Plusieurs, Jolyet et Regnard (1877), Gréhant (1886), Zuntz (1901), Bounhiol (1905), Pütter (1908), ont recueilli et dosé CO^2 à la sortie d'un courant d'air traversant le liquide. Ces mesures ne seraient valables qu'en un milieu constant, ayant notamment un P_H et une concentration en carbonates invariables.

Les méthodes uniquement ionimétriques ne sont pas mieux utilisables que celles exclusivement titrimétriques. Bohn (1901), Loeb et Osterhout (1906), Haas (1916) et surtout Osterhout, Haas et Parker, depuis 1918, ont essayé d'estimer les variations de la teneur en acide carbonique d'une eau par le virage de teinte d'un indicateur qu'on y ajoute. Mais le P_H d'un milieu est d'autant plus stable, il nécessite pour changer des quantités de CO^2 d'autant plus grandes qu'il est plus riche en bicarbonates et plus acide; or, les liquides biologiques, l'eau de mer, beaucoup d'eaux douces sont chargés de bicarbonates; aux P_H, compris entre 6 et 8, qu'on rencontre dans la nature, ils exigent pour la moindre variation de concentration en ions H une forte différence de concentration en acide carbonique. La sensibilité des méthodes ionimétriques est donc insuffisante.

La teneur en acide carbonique d'une solution aqueuse dépend de trois facteurs : le P_H, la tension du gaz dissous, la concentration en bicarbonates. Le métabolisme des êtres vivants pouvant agir sur chacun d'eux, il faut en

---

[1] R. Legendre, *La concentration en ions hydrogène* (P_H) *de l'eau de mer; sa mesure; son importance océanographique, géologique, biologique.* Paris, Presses Universitaires de France, 1925.

déterminer au moins deux, et de préférence trois, pour s'assurer des résultats valables.

Seule jusqu'ici, la mesure de la réserve alcaline, ou, comme on l'appelait autrefois, de l'alcalinité, tient compte en partie de cette nécessité. On sait qu'elle consiste à déterminer la quantité d'acide qu'il faut verser dans un certain volume de la solution pour provoquer le virage d'un indicateur qu'on y a préalablement ajouté; c'est donc une méthode à la fois titrimétrique et ionimétrique. Elle est plus sensible que la mesure de l'acide carbonique total, mais elle présente une incertitude d'autant plus grande que l'indicateur vire dans une zone plus acide et, de plus, ses résultats peuvent être faussés par l'excrétion d'acides autres que CO^2 et la fixation de carbonates par les êtres vivants en expérience.

Un procédé inverse qui consisterait à mesurer la quantité d'alcali nécessaire pour amener la solution à un P_H plus élevé (qu'on pourrait fixer aux environs de 9, point où les bicarbonates seuls restent dans la solution) serait beaucoup plus sensible, sans toutefois révéler les causes d'erreurs biologiques qui viennent d'être signalées.

D'une manière générale, on peut faire barboter dans le liquide un courant d'air privé de CO^2, recueillir et titrer l'acide carbonique dégagé et entraîné, déterminer le P_H du liquide ainsi traité pour contrôler sa stabilité en ions non volatils. Deux mesures faites simultanément sur deux eaux, primitivement identiques et dans l'une desquelles un être vivant a séjourné un certain temps, permettent de connaître avec une grande précision et une grande finesse les échanges d'acide carbonique de cet être avec son milieu.

Ces dernières méthodes sont applicables, avec de légères adaptations, à tous les liquides biologiques internes tels que le sang, l'urine, etc., et aux milieux aquatiques externes : eaux douces et eau de mer.

On trouvera dans un autre Recueil les détails de la technique que je viens de fixer pour l'eau de mer.

BIOPHYSIQUE. — *Cholestérine et hémolyse.* Note [1] de M. **A.-H. Roffo**, présentée par M. Perrin.

Mes recherches sur les hémolysines naturelles et la variation de leur taux avec l'âge de l'animal m'ont conduit à doser la cholestérine et l'ensemble des autres lipoïdes dans le sérum d'animaux (rats) de différents âges.

---

[1] Séance du 4 mai 1925.

Voici les résultats de ces dosages :

Age.	Poids de l'animal.	Cholestérine pour 1000.	Lipoïdes pour 1000.
2 mois à 3 mois.........	61	0,375	3,46
2 » à 3 »	80	0,370	3,61
3 » à 3 » et demi..	87	0,553	2,95
3 » à 3 » » ..	90	0,549	3
3 » à 3 » » ..	97	0,605	3,01
4 »	106	0,615	3,12
4 »	136	0,780	3,93
4 » à 5 mois.........	145	0,721	3,93
4 » à 5 »	154	0,793	4
4 » à 5 »	160	0,799	4,12
4 » à 5 »	161	0,561	4,86
4 » à 5 »	167	0,731	6,04
4 » à 5 »	169	0,495	4,42
4 » à 5 »	180	0,645	4,17
4 » à 5 »	186	0,723	3,93
5 »	200	0,701	3,98

Le sang était prélevé sur des animaux à jeun et soumis à un même régime. Alors que les lipoïdes se maintiennent à un niveau à peu près égal à 4^g pour 1000, on voit croître nettement en moyenne le pourcentage de cholestérine avec l'âge de l'animal, comme croît le pouvoir hémolytique du sérum vis-à-vis d'hématies déterminées.

Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par A. Mayer et G. Schæffer [1] qui montrèrent que l'hémolyse dépend de deux facteurs : la résistance de l'hématie variable suivant le taux d'acides gras non volatils qu'elle contient et la teneur du sérum en cholestérine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Analyse électrocapillaire des colloïdes colorants.* Note [2] de M. **W. Kopaczewski**, présentée par M. d'Arsonval.

Étant donnée l'importance que les phénomènes électrocapillaires acquièrent de plus en plus en biologie et notamment dans le phénomène de la perméabilité des membranes, nous avons repris cette étude.

Elle concerne une centaine de colloïdes pour la plupart matières colo-

(1) *Comptes rendus*, 155, 1922, p. 728.
(2) Séance du 20 avril 1925.

rantes naturelles ou de synthèse, dont les propriétés électrocapillaires ont été comparées avec celles des matières colorantes en état de dispersion moléculaire.

Pour nous mettre à l'abri de causes d'erreurs, nous avons fait toutes nos expériences avec des colloïdes préalablement dialysés. Après la dialyse, nous avons fixé par nos méthodes habituelles [1] leurs propriétés physiques : conductivité électrique, tension superficielle, viscosité; seuls les colloïdes ayant des propriétés assez rapprochées, avant tout en ce qui concerne leur tension superficielle, peuvent être comparés au point de vue de leur comportement électrocapillaire.

Après avoir établi la charge électrique des colloïdes expérimentés, nous avons entrepris des expériences sur la capillarisation de ces colloïdes.

Des bandelettes de papier-filtre ($1^{cm} \times 25^{cm}$), découpées dans la même feuille, ont été plongées dans des cristallisoirs, remplis des hydrosols; chaque expérience a duré 24 heures.

Tous les colloïdes étaient en concentration de 0,1 pour 100; leur viscosité était celle de H^2O, ainsi que leur tension superficielle; leur résistance électrique oscillait entre 10000 et 35000 ohms ($H^2O = 6000$ ohms).

Dans ces conditions d'expérimentation nous avons observé les faits suivants :

1° L'ascension des *électrolytes* dans des bandelettes de papier-filtre n'est pas conditionnée par leur charge électrique : les colorants électropositifs accusent parfois un degré aussi accentué de l'ascension que les colorants négatifs (coccéine, fuchsine acide, bleu de méthylène, trypoflavine, orangé rougeâtre, etc.) et *vice versa* (auramine, fuchsine basique, etc.).

2° La tension superficielle faible favorise la montée des colloïdes et des électrolytes (vert brillant, hémoglobine, etc.).

3° Les *colloïdes électronégatifs* accusent une ascension identique à celle de l'eau distillée; la zone supérieure est presque toujours plus fortement colorée.

4° Les *colloïdes positifs* présentent une montée insignifiante, s'élevant à peine très légèrement au-dessus du niveau de la ligne d'émergence du vase; cette ligne d'émergence est habituellement plus colorée, par suite de la coagulation de la matière colorante; la zone supérieure, au lieu d'une

---

(1) W. Kopaczewski, *Pratique des colloïdes*, Paris, 1923 (Vigot, éditeur).

concentration plus forte, comme dans le cas des colloïdes négatifs, est de plus en plus dégradée.

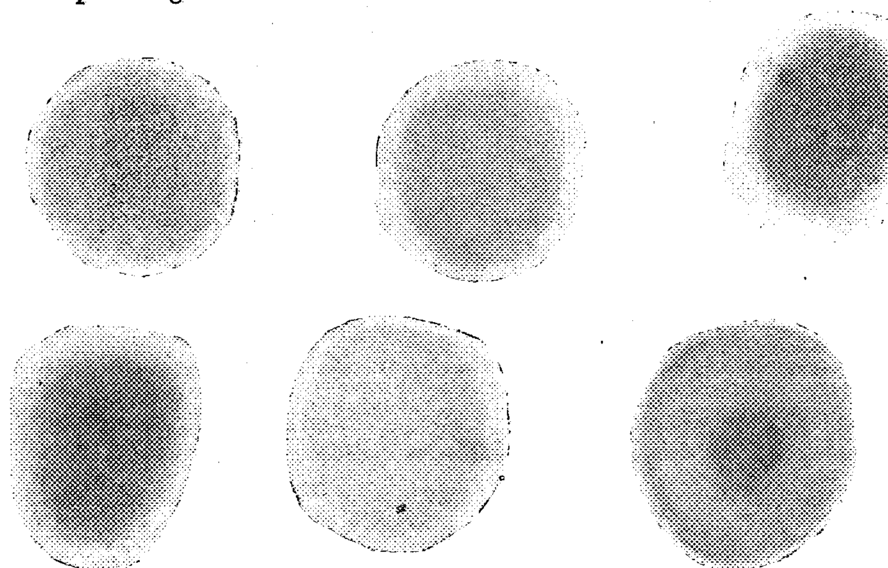


Fig. 1. — Colloïdes négatifs.

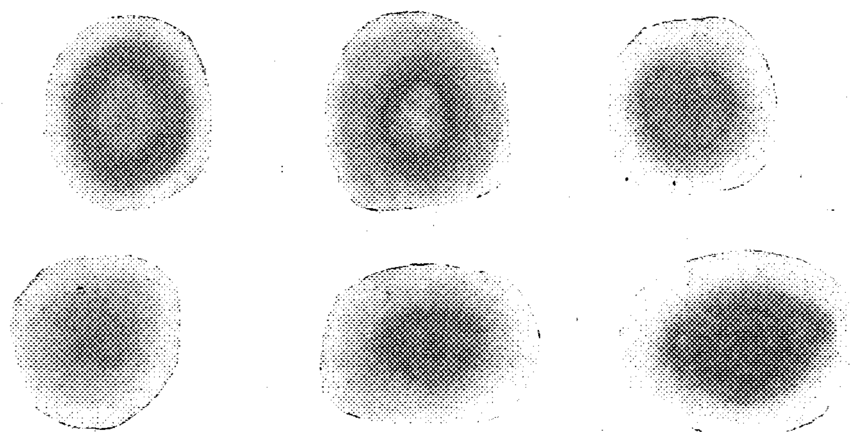


Fig. 2. — Colloïdes amphotères.

5° Les *colloïdes amphotères* ne présentent aucune régularité dans leur degré d'ascension électrocapillaire; par contre, on constate pendant cette ascension la formation de zones de virage, comme si elle s'accompagnait de

la production des ions H^+ et OH^- libres. Cette constatation n'a pas été obtenue avec quelques indicateurs non colloïdaux.

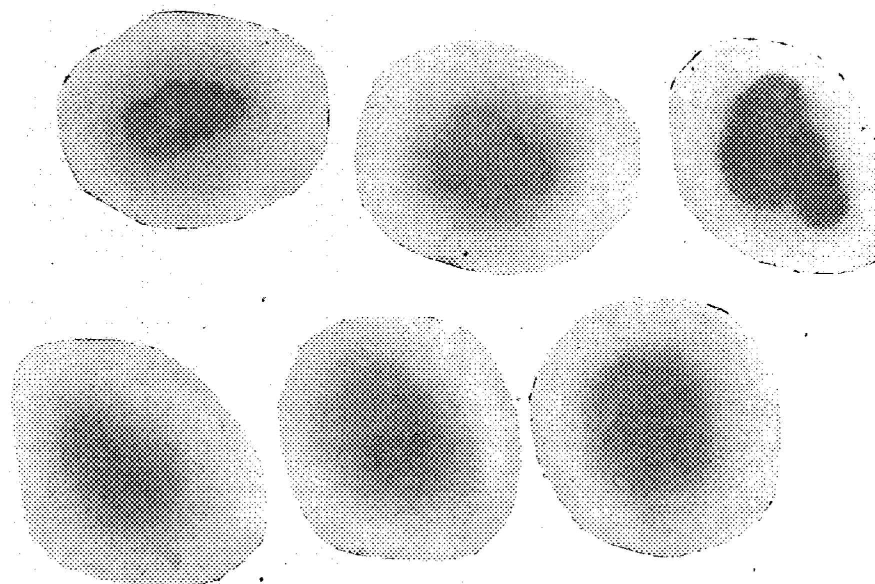


Fig. 3. — Colloïdes positifs.

Ce fait a été vérifié sur presque tous les indicateurs. Il ne s'observe pas si le papier-filtre était préalablement mouillé avec de l'eau distillée. Il mérite une attention toute particulière et une étude approfondie. Les premières recherches que nous avons entreprises sur cette question semblent indiquer que la pénétration de l'eau dans les gels s'accompagne de la production de l'énergie électrique. Nous poursuivons ces études.

Les faits déjà établis permettent d'instituer une méthode ultra-rapide et sensible d'analyse qualitative des matières colorantes colloïdales : il suffit de poser une goutte d'une matière colorante colloïdale sur une feuille de papier-filtre et, selon l'image observée, on peut fixer si l'on se trouve en présence d'un colloïde négatif, positif ou amphotère (voir les figures). La seule cause d'erreur, rare du reste, semble être une tension superficielle faible du colloïde colorant.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les divers complexes caséinate de chaux + phosphate de chaux et leur façon de se comporter vis-à-vis de la présure*. Note de M. **Ch. Porcher**, présentée par M. L. Lindet.

La caséine existe dans le lait sous la forme d'un composé calcique uni colloïdalement à des phosphates de chaux insolubles, mélange de phosphate bicalcique et de phosphate tricalcique en quantités égales. C'est à cet ensemble, appelé phosphocaséinate de chaux par L. Lindet et L. Ammann, que nous donnons le nom de *complexe caséinate de chaux + phosphate de chaux*. S'agit-il d'un composé défini, en ce sens que l'on trouvera toujours la même quantité de phosphates de chaux en face de la même quantité de caséinate de chaux? Ou bien avons-nous affaire à l'union de deux colloïdes salins, l'un stable : le caséinate de chaux, retenant par absorption l'autre : le phosphate de chaux, qui est instable quand il est isolé, et en assurant la stabilisation.

A l'appui de cette dernière hypothèse, on conçoit qu'il devienne possible de faire des complexes de compositions variables ayant, pour une même quantité de caséinate de chaux, des charges croissantes en phosphate de chaux, poussées jusqu'à ce qu'on peut appeler la *saturation*, au delà de laquelle le caséinate de chaux ne serait plus à même de stabiliser un apport supplémentaire de phosphate de chaux.

Si l'on salifie de la caséine très pure par des quantités croissantes de chaux, on obtient des caséinates dont la réaction déterminée au potentiomètre dépend évidemment de la quantité de chaux employée. Depuis 1,33 pour 100 de chaux par rapport à la caséine, jusqu'à 2,40 pour 100 environ, le P_H va de 5,10 jusqu'à 7; avec un taux de chaux de 2,50 pour 100 ($P_H = 7,40$), la liqueur est neutre à la phtaléine du phénol. Au delà, depuis 2,50 pour 100 de chaux jusqu'à 6,66 pour 100, proportion limite que nous avons utilisée dans nos expériences, bien entendu l'alcalinité s'accroît tant à la phtaléine qu'au potentiomètre.

Les caséinates acides ($P_H < 7$) ne coagulent pas par la présure; pas davantage les caséinates alcalins ($P_H > 7$), par la trypsine. C'est là du reste un fait bien connu et qui nous laisse tout de suite supposer que, dans la coagulation par la présure, tant du lait que du *complexe* artificiellement préparé, si la caséine, ou mieux le caséinate de chaux est un élément *nécessaire*, celui d'ailleurs auquel on attribuait jusqu'ici le rôle exclusif dans la formation du caillé, ce n'est pas un élément *suffisant*.

Pour obtenir la coagulation du caséinate de chaux par la présure, il faut le charger d'un sel insoluble susceptible de prendre l'aspect colloïdal et de former avec le caséinate un ensemble stable.

La classique expérience de Hammarsten réalise cette charge au moyen du phosphate de chaux, mais à l'acide phosphorique on peut substituer d'autres acides polybasiques dont les sels alcalino-terreux sont susceptibles d'affecter l'état colloïdal. C'est le cas de l'acide arsénique, ce qui n'est pas fait pour nous surprendre, étant donné son voisinage chimique immédiat avec l'acide phosphorique; mais c'est également le cas de l'acide silicique, de l'acide carbonique et d'autres acides sur lesquels nous avons travaillé.

Nous ferons en outre remarquer que le calcium peut être remplacé par le strontium, le baryum ou le magnésium. Il apparaît donc de suite qu'il est possible de réaliser un nombre assez grand de complexes variés qui réagiraient tous de la même manière vis-à-vis des diastases protéolytiques. Quand leur réaction est acide ($P_H < 7$), ils coagulent par la présure. Si leur réaction est alcaline ($P_H > 7$), ils coagulent par la trypsine.

La neutralisation par l'acide phosphorique de l'excès de chaux uni à la caséine, telle que l'ont réalisée Hammarsten, puis Lindet et L. Ammann, peut s'effectuer dans les conditions les plus diverses. On fera varier soit la quantité de chaux unie à la caséine, soit celle de l'acide phosphorique destinée à neutraliser une partie de la base. On aura ainsi la possibilité de préparer des complexes qui, pour une même quantité de caséine, auront des charges différentes en phosphate de chaux, et de voir dans quelle mesure la coagulation par la présure est conditionnée par le taux de ce dernier.

Si nous faisons varier, pour un même caséinate, l'addition d'acide phosphorique, nous constatons que la rapidité de coagulation et la fermeté du caillé croissent avec la quantité de phosphate de chaux du complexe; mais nous ne devons pas oublier de noter que l'acidité de ce dernier varie dans le même sens que la quantité d'acide phosphorique ajoutée, et comme nous savons que l'acidité joue un rôle considérable dans la coagulation par la présure, il importe donc d'éliminer l'influence de ce facteur. Nous préparerons alors des complexes de même taux en caséine, *ayant le même* P_H, mais dont les charges en phosphate de chaux seront différentes; il est évident que plus le caséinate originel est riche en chaux, plus il est possible d'y ajouter de l'acide phosphorique pour arriver à une même acidité actuelle de l'ensemble.

Pour cela, nous prenons des caséinates dont la quantité de chaux va de

2,66 à 6,66 pour 100 et nous les additionnons d'acide phosphorique, en étant guidé par la précaution de les amener tous à la même acidité ($P_H = 6,50$). Pour un même volume de la liqueur et une même quantité de présure, à la température de 40°, nous avons eu les temps de prise suivants :

Complexe fait avec un caséinate à	2,66 %	de chaux	...	prise en	6′	bloc mou
»	»	3,33	»	...	»	3′14″
»	»	4	»	...	»	2′40″
»	»	5	»	...	»	2′10″
»	»	6,66	»	...	»	0′45″ bloc ferme

Les caractéristiques objectives de la coagulation : rapidité de celle-ci et consistance du coagulum, sont donc sous l'étroite dépendance de la quantité de phosphate de chaux du complexe. Aussi y a-t-il lieu de penser que c'est ce dernier sel qui joue le rôle essentiel dans la formation du caillé. A notre avis, ce sont les micelles de phosphate de chaux qui entraînent celles du caséinate de chaux. Le rôle de la présure, grâce à une action digérante extrêmement faible, est de diminuer la viscosité du milieu, ce qui tend à rendre plus mobiles les micelles de phosphate calcique auxquelles sont unies celles du caséinate et à en faciliter la soudure.

Si un complexe ne renferme que très peu de phosphate de chaux, il ne coagulera pas par la présure; il faut, en effet, une quantité minima de micelles de phosphate calcique pour entraîner la masse pondéralement beaucoup plus lourde du caséinate. D'un autre côté, si la charge du complexe en phosphate alcalino-terreux est considérable, il n'est plus besoin de l'intervention de la présure; le seul chauffage à 40° de ce complexe qui, préparé à froid, était stable à la température ordinaire, suffit pour provoquer la formation d'un coagulum; c'est que l'on est arrivé à la saturation colloïdale du caséinate par le phosphate.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le rôle de la présure et son mode d'action dans la fabrication des fromages à pâte cuite (Gruyère et Emmenthal).* Note de **M. G. Guittonneau**, présentée par M. Lindet.

A la suite de leurs recherches méthodiques sur la flore microbienne du fromage d'Emmenthal, de Freudenreich et Orla Jensen [1] ont indiqué dès

[1] De Freudenreich et Orla Jensen, *Centralbl. f. Bakt.*, II Abt., 3, 1897, p. 553.

1897 une méthode rationnelle de fabrication des fromages à pâte cuite qui repose sur l'emploi combiné des extraits de présure commerciaux, pauvres en germes microbiens, et des cultures de ferments lactiques thermophiles, indispensables à la bonne marche du travail.

Cette méthode a souvent donné d'excellents résultats et, depuis quelques années déjà, son emploi s'est généralisé dans l'industrie de plusieurs régions (Danemark, Suède, Finlande, Amérique). Mais elle a, d'autre part, soulevé quelques critiques qui ont nui à sa diffusion dans d'autres pays. En France, en particulier, les fromagers n'ont pas cessé d'utiliser, pour le caillage, les *présures* dites *naturelles* (macérations de caillettes dans le lactosérum) qui apportent à la fois dans le lait : la diastase coagulante, le levain lactique et plusieurs autres éléments, organisés ou non, dont certains peuvent être nuisibles, pendant que d'autres sont indifférents, ou du moins nous semblent tels dans l'état actuel de nos connaissances.

Nos connaissances sur le mécanisme de l'action de la présure sont encore, en effet, fort imparfaites, et c'est ce mécanisme même qui doit être mis en cause chaque fois qu'on se trouve en présence de défauts des fromages en rapport avec les qualités physiques de leur pâte (lainure, éraillure, ouverture insuffisamment développée). Or ce sont justement des défauts de ce genre que l'emploi des présures commerciales a parfois semblé favoriser.

On peut penser, dès lors, que certains facteurs accessoires exercent, dans des sens divers, une influence de première importance au point de vue pratique, sur l'action si complexe de la présure qui, successivement, coagule la caséine, la fait se rétracter sur elle-même, la rend plastique, élastique, puis enfin quelque peu friable quand prend fin l'affinage.

Une meilleure connaissance de ces facteurs accessoires conduirait l'industrie des fromages à pâte cuite à d'importants progrès. Depuis plusieurs années, je me suis efforcé de préciser le rôle des mieux connus d'entre eux, au cours d'un grand nombre d'observations dont je rapporterai les premiers résultats dans la suite de cette Note.

En dehors de l'action de la chaleur, de laquelle on a tiré tout ce qu'elle peut donner, on n'a guère mis à profit en fromagerie, pour favoriser le travail de la présure, que l'influence de l'acidité. L'acidité facilite la coagulation de la caséine, la rétraction du caillé et son égouttage. Mais, dès qu'elle devient un peu forte, elle nuit à l'élasticité de ce caillé, et c'est là un inconvénient considérable quand il s'agit des fromages à pâte cuite.

On sait depuis longtemps, cependant, que les sels de chaux favorisent également l'action coagulante de la présure, et leur emploi, qui augmente

les rendements en fromagerie, a été fort heureusement préconisé par L. Lindet [1]. L'expérience m'a montré, d'autre part, l'excellent parti qu'on peut tirer du chlorure de calcium pour favoriser l'action de la présure sur certains laits d'un travail particulièrement difficile.

A l'Ecole nationale d'Industrie laitière de Poligny où je poursuis depuis un an des recherches techniques, on fabrique en général deux fromages par jour, l'un avec le lait de localité, l'autre avec celui du village voisin de Monay. Dans les conditions ordinaires de la fabrication, et quel que soit le mode d'emprésurage adopté, le lait de Monay se travaille facilement et celui de Poligny avec une extrême difficulté. J'aurai à préciser plus tard les causes profondes de cette différence; mais je dois dire dès maintenant que ces causes se manifestent par le fait fort précis que la présure agit beaucoup mieux sur le lait de Monay que sur celui de Poligny.

Le lait de Poligny se prêtait donc à une expérimentation intéressante que j'ai organisée en trois séries d'essais en Juin, Septembre et Décembre 1924.

Dans tous ces essais, j'ai employé, comme la logique l'indiquait, un même extrait de présure commerciale liquide et des levains purs de ferments lactiques ayant fait leurs preuves par ailleurs. Les résultats obtenus ont été les suivants :

1° En augmentant l'acidité du lait de $0^{g},1$ d'acide lactique par litre, au moyen d'une addition de petit-lait fortement acidifié, stérilisé et filtré, on n'améliorerait que très imparfaitement les conditions du travail.

2° En augmentant la dose des levains lactiques de 2 pour 1000 jusqu'à 10 pour 1000, on n'arrivait pas non plus à des résultats satisfaisants et l'on obtenait, le plus souvent, des fromages lainés et peu ouverts.

3° L'addition au lait de la chaudière de $0^{g},125$ à $0^{g},250$ de chlorure de calcium par litre permettait d'arriver à un travail rapide du caillé et d'obtenir une belle ouverture, quelquefois même un peu trop développée.

4° En combinant l'acidification du lait avec son enrichissement en chlorure de calcium, on pouvait arriver à conduire le travail presque à sa guise.

---

(1) L. Lindet, *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 381.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'origine de l'acide β-oxybutyrique obtenu par processus microbien*. Note de M. **Lemoigne**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Certains microbes, par autolyse, donnent de l'acide β-oxybutyrique ($CH^3 - CH.OH - CH^2 - COOH$) aux dépens d'une substance mère intracellulaire, peu diffusible [1].

Je démontrerai dans cette Note que cette substance peut être isolée en nature et qu'elle se décompose, sous l'influence des alcalis, non en acide β-oxybutyrique, mais en son produit de déshydratation, l'acide α-crotonique ($CH^3 - CH = CH - COOH$).

I. L'acidification autolytique du bacille M s'effectue en l'absence d'oxygène et sans dégagement appréciable d'anhydride carbonique. Dans ces conditions, l'acide β-oxybutyrique ne peut provenir de la dégradation des lipides par le processus de la β-oxydation, ni de la dislocation directe des glucides. Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer sa formation. L'une d'entre elles consiste à admettre l'existence d'un composé intracellulaire qui, par hydrolyse, donnerait de l'acide β-oxybutyrique.

Pour établir si un tel produit existe réellement dans les bacilles M, j'ai traité les corps microbiens non autolysés par de la soude normale, maintenue 20 minutes à l'ébullition. Après neutralisation par l'acide sulfurique, j'ai recherché, parmi les acides solubles formés, l'acide β-oxybutyrique. Je n'en ai jamais trouvé que des traces et je n'en trouvais même plus du tout si j'épuisais au préalable les microbes par de l'alcool bouillant. Par contre, dans tous les cas, j'ai obtenu des quantités importantes d'acide α-crotonique qu'il a été facile d'isoler, de purifier, de caractériser et de peser. On n'arrive pas ainsi à un dosage parfait de cet acide, la purification entraînant nécessairement des pertes.

Je donnerai néanmoins le résultat d'un essai. 300^{cm^3} de dilution bactérienne qui, par autolyse auraient donné naissance à $1^g,4$ d'acide β-oxybutyrique, fournissent, par saponification alcaline, $1^g,70$ d'acide α-crotonique. Il faut noter que dans les conditions expérimentales dans lesquelles je me suis toujours placé, l'acide β-oxybutyrique qui se serait formé n'aurait pu être déshydraté et transformé en acide α-crotonique sous l'influence des réactifs employés.

---

(1) *Annales de l'Institut Pasteur*, 39, 1925, p. 144.

Enfin une saponification effectuée dans les mêmes conditions mais avec des bacilles autolysés et épuisés par l'alcool bouillant, ne fournit plus que des traces d'acide α-crotonique.

Ces faits prouvent que les bacilles M non autolysés contiennent un corps qui disparaît par autolyse et qui donne, par saponification, suffisamment d'acide α-crotonique pour expliquer la formation d'acide β-oxybutyrique que j'ai étudiée. Cette substance peut donc être considérée comme la substance mère de cet acide. Ces mêmes essais nous apprennent qu'elle est insoluble dans l'alcool bouillant. J'ai recherché à l'isoler en nature.

II. J'ai déja signalé dans les bacilles M la présence d'un corps cristallisé qui, par saponification donne de l'acide α-crotonique [1]. Mais ce n'est pas ce corps qui permet d'expliquer les résultats que je viens de mentionner. En effet, cette substance cristallisée fournit toujours, par saponification, à côté de l'acide α-crotonique, de l'acide β-oxybutyrique. D'autre part elle est soluble dans l'alcool bouillant. Enfin, elle augmente au cours de l'autolyse au lieu de diminuer comme l'indique l'expérience suivante :

Les chiffres se rapportent à 100^g de bacilles secs.

Durée de l'autolyse (en jours).........	0	2	4	6
Substance cristallisée (en grammes)....	1,14	2,42	3,72	6,10

Il y a donc dans les bacilles M une autre substance pouvant, par saponification, donner de l'acide α-crotonique.

Pour chercher à l'isoler, j'ai traité les bacilles non autolysés et épuisés par l'alcool bouillant, par une série de réactifs. Je ne rapporterai que les résultats positifs que m'a permis d'obtenir le chloroforme.

La solution chloroformique évaporée laisse une pellicule très mince, translucide, insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, à froid ou à l'ébullition. Ce produit est amorphe et son insolubilité dans l'éther et dans l'alcool bouillant permet de le purifier. Pulvérisé et mis en suspension dans une solution décinormale de soude que l'on porte à l'ébullition, il s'y dissout lentement. La solution obtenue ne précipite pas par acidification. Par l'éther on peut facilement en extraire les cristaux caractéristiques de l'acide α-crotonique.

Ce produit amorphe, soluble dans le chloroforme, apparaît ainsi comme étant très vraisemblablement la substance dont l'hydrolyse diastasique, se produisant au cours de l'autolyse, fournirait l'acide β-oxybutyrique.

---

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1093.

Elle doit être très voisine du hyalinol, découvert par Goris dans le bacille tuberculeux ([1]).

Conclusions. — Les bacilles M non autolysés renferment un produit amorphe, qui peut être isolé par le chloroforme et qui, par saponification, donne de l'acide α-crotonique. Ce produit peut être considéré comme la substance mère de l'acide β-oxybutyrique qui se forme au cours de l'autolyse.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action*, in vitro, *des extraits pancréatiques sur le trypanosome du Nagàna et le* Spirochæta Gallinarum. Note de MM. **Clément Simon**, **Ch. Flandin**, **Séguin** et **Lecoq**, présentée par M. Desgrez.

Il est actuellement bien établi, en particulier par les expériences de Levaditi et Yamanouchi, que l'addition d'extraits de divers organes et spécialement d'extrait de foie, confère aux solutions d'arsenicaux organiques, tels que l'atoxyl, le pouvoir d'agir *in vitro* sur les trypanosomes.

En modifiant les conditions primitives de ces expériences, nous avons été amenés à constater le fait intéressant que certains extraits organiques étaient capables d'agir seuls, en l'absence de tout arsenical, sur les trypanosomes et les spirochètes, à des doses relativement faibles. Ce phénomène est particulièrement marqué pour l'insuline.

Une insuline préparée à partir du pancréas par épuisement à l'alcool acide, puis purifiée par passage par le picrate, tue le trypanosome du nagàna en 30 à 35 minutes, à la température de 25°, à la dilution du $\frac{1}{800}$.

Voici la technique utilisée :

Dans dix petits tubes à hémolyse, on mélange 10 gouttes de chacune des dilutions d'insuline dans l'eau physiologique ($\frac{1}{100}$, $\frac{1}{200}$, ..., jusqu'à $\frac{1}{1000}$) et 1 goutte de sang de la souris parasitée. Les tubes sont soigneusement agités et portés à l'étuve à 25° pendant 30 à 35 minutes. Au bout de ce temps, la mobilité est contrôlée par l'examen direct au fond noir. On voit alors que les trypanosomes sont tués jusqu'à la dilution du $\frac{1}{800}$. Dans les premiers tubes (dilution du $\frac{1}{100}$ au $\frac{1}{400}$), les flagellés sont dissous.

Ces expériences répétées avec le *Spirochæta gallinarum* ont donné des résultats comparables. Dans les mêmes conditions de temps et de tempé-

([1]) *Annales de l'Institut Pasteur*, 34, 1920, p. 497.

rature, les spirochètes ont été immobilisés jusqu'à la dilution du $\frac{1}{600}$. Par contre, nous n'avons constaté aucune lyse de ces organismes avec les solutions concentrées.

Nous avons pris soin, au cours de tous ces essais, d'opérer sur des solutions d'insuline présentant un degré d'acidité aussi faible que possible : la solution à $\frac{1}{50}$ servant à préparer les dilutions possédait un P_H sensiblement égal à 4.

D'autre part, nous avons réalisé des solutions isotoniques d'acide chlorhydrique présentant exactement le même degré d'acidité que nos extraits pancréatiques et nous avons comparé leur action, sur les trypanosomes, dans les mêmes conditions de temps et de température. Ces expériences témoins ont conduit aux constatations suivantes : Les solutions isotoniques d'acidités équivalentes aux solutions d'insuline à $\frac{1}{100}$ et à $\frac{1}{200}$ immobilisent les trypanosomes en 30-35 minutes à la température de 25° ; les dilutions plus étendues sont sans action sur les parasites. Comme nos solutions d'insuline, dans les mêmes conditions de temps et de température, agissent jusqu'à la dilution du $\frac{1}{800}$, on en conclut qu'elles sont au moins 4 fois plus actives, à l'égard des trypanosomes, que les solutions chlorhydriques d'acidité correspondante.

En milieu neutre à la phtaléine, c'est-à-dire avec des dilutions d'insuline contenant en suspension un abondant précipité, l'action trypanocide est encore marquée et se manifeste jusqu'à la dilution du $\frac{1}{300}$.

Si l'on redissout le précipité d'insuline dans la quantité minimum de soude ($1^{cm^3},5$ de soude $\frac{N}{100}$ pour 1^{cm^3} de solution d'insuline à $\frac{1}{50}$), cette solution alcaline d'extrait pancréatique paraît avoir perdu ses propriétés trypanocides.

Il convient de remarquer, cependant, que si la réaction alcaline du milieu paralyse l'action trypanocide de l'extrait pancréatique, elle ne la détruit pas, même après action de la chaleur. Nous avons constaté, en effet, qu'une solution d'insuline chauffée pendant 10 minutes à 100° en milieu alcalin $\left(\text{alcalinité correspondant à une solution de soude } \frac{N}{30}\right)$, puis ramenée à son acidité primitive (P_H égal à 4), avait conservé entièrement inaltérées ses propriétés trypanocides. Cette dernière constatation rend peu vraisemblable l'hypothèse que ces propriétés pourraient être attribuées à une diastase accompagnant l'insuline ; nous avons d'ailleurs également constaté qu'elles subsistaient entièrement après une demi-heure de chauffage de la solution mère d'insuline à $\frac{1}{50}$ à 70° en milieu acide (P_H égal à 4).

CHIRURGIE. — *Réactions de l'organisme humain sur les pièces prothétiques ou synthétiques en os hétérogène stérilisé par l'alcool bouillant.* Note de MM. **Robineau** et **G. Contremoulins**, présentée par M. Bazy.

Quand on utilise des pièces osseuses de provenance hétérogène pour la réparation du squelette humain, on assiste à des réactions biologiques d'apparence contradictoire qu'on peut grouper en trois ordres de faits distincts :

A. La pièce osseuse est résorbée avec une rapidité déconcertante ;

B. La pièce osseuse est conservée sans réaction appréciable de l'os dans lequel elle est incluse ;

C. La pièce osseuse, tout d'abord tolérée, est ensuite partiellement digérée ; puis la résorption s'arrête et fait place à une lente fusion entre le tissu osseux vivant et l'os mort.

L'étude systématique de ces phénomènes, commencée par l'un de nous en 1921 [1], nous a conduits aux lois suivantes :

Première loi. — Toute pièce osseuse hétérogène, quelles que soient sa provenance et sa forme, est résorbée par l'organisme humain, si elle est mobile dans le milieu où elle est incluse. La résorption est d'autant plus rapide que la mobilité est plus grande.

Deuxième loi. — Toute pièce osseuse, quelles que soient sa provenance et sa forme, est conservée dans l'organisme — avec les particularités ci-après — si elle est immuablement fixée à l'os qu'elle a pour objet de réparer ou de reconstituer :

a. Les parties *utiles* incluses dans l'os vivant ou dans les parties molles ne subissent pas d'altération ;

b. Les parties *inutiles* faisant saillie dans les tissus mous *immobiles* ne sont pas résorbées ;

c. Les parties *inutiles* faisant saillie dans les tissus mous *mobiles* sont résorbées [2] ;

---

(1) G. Contremoulins, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1173-1176.

(2) Le calcium libéré semble, chez les sujets normalement calcifiés, se fixer au voisinage immédiat de la pièce synthétique sur la corticale de l'os réparé qui se trouve ainsi renforcée et fusionnée intimement avec l'extrémité de la pièce. Chez les sujets décalcifiés, le calcium semble au contraire être diffusé dans tout l'organisme.

d. Lors du remplacement d'une extrémité d'os long par une pièce prothétique, il n'y a pas de résorption si cette pièce remplit les deux conditions ci-après : fixation immuable à la partie de la diaphyse conservée et adaptation correcte — comme forme et comme appui — à la surface articulaire qui la reçoit.

Troisième loi. — Toute pièce osseuse, quelles que soient sa provenance et sa forme, subit un commencement de résorption dès qu'elle prend de la mobilité. Si la mobilité vient à disparaître, la résorption *s'arrête*. La fixité rétablie donne lieu à une fusion entre l'os vivant et l'os mort, le premier se substituant au second par pénétration et absorption lentes.

Ces lois sont établies sur un ensemble d'observations s'étendant sur quatre années; fort probablement la fusion lente que nous signalons — observée seulement sur des pièces qui furent momentanément mobiles — doit être la règle dans le temps pour toutes les prothèses osseuses. Cependant, les deux phénomènes sont différents à l'origine, puisqu'au bout de quatre ans aucune trace de fusion n'est apparente dans les cas où la fixité a été complète, tandis qu'elle est très avancée dans ceux où la mobilité a été passagère.

Conclusions. — La prothèse et la synthèse en os hétérogène ne paraissent pas mériter la réprobation générale dans laquelle on les tient actuellement. Ce n'est pas la substance qu'il faut incriminer, mais son mode d'emploi et de fixation.

C'est en modifiant l'arsenal chirurgical, en adaptant la technique au but poursuivi — la fixation mécanique des pièces osseuses — qu'on pourra tirer tout le bénéfice de ce très précieux moyen de restauration et de reconstitution du squelette humain.

M. Charles L. R. E. Mengès adresse une Note *Sur la force pondéromotrice*.

A 16h 5m, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale, par l'organe de M. Schlœsing, remplaçant le doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *L. Maquenne* :

En première ligne	M. PIERRE MAZÉ.
En deuxième ligne	M. GUSTAVE ANDRÉ.
En troisième ligne ex æquo par ordre alphabétique	MM. ÉMILE DEMOUSSY, ÉMILE FLEURENT, MAX RINGELMANN, ÉMILE SCHRIBAUX.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 27 avril 1925.)

Note de M. *Jean Tilho*, Sur l'ordre de grandeur des variations de profondeur et d'étendue du lac Tchad :

Page 1235, ligne 5, Décrue au 31 décembre, *avancer* d'une colonne tous les nombres de cette ligne de 1913 à 1919; *remplacer* le nombre —10 de la colonne 1919 par le signe "; ligne 29, *au lieu de* 40km autour Chari, *lire* 20km.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant les troisième et quatrième trimestres 1924, qui n'ont pas été mentionnées sur les listes des premier et deuxième trimestres. (*Suite.*)

Bulletin de la participation aux bénéfices. Paris.
Bulletin de la Société belge de géologie. Bruxelles.
Bulletin de la Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe. Le Mans.
Bulletin de la Société d'études historiques, scientifiques et littéraires des Hautes-Alpes. Gap.
Bulletin de la Société d'études scientifiques d'Angers. Angers.
Bulletin de la Société de géographie et d'études coloniales. Marseille.
Bulletin de la Société des amis des sciences naturelles de Rouen. Rouen.
Bulletin de la Société des amis du pays de la Sarre. Sarrebruck.
Bulletin de la Société des études indochinoises. Saïgon.
Bulletin de la Société des sciences de Nancy. Nancy.
Bulletin de la Société des sciences naturelles du Maroc. Rabat.
Bulletin de la Société franco-japonaise de Paris. Paris.
Bulletin de la Société scientifique, historique et archéologique de la Corrèze. Brive.
Bulletin de statistique agricole et commerciale. Rome.
Bulletin des sciences mathématiques pures et appliquées. Bucarest.
Bulletin des sciences pharmacologiques. Paris.
Bulletin du Jardin botanique de l'État. Bruxelles.
Bulletin du Service géologique de l'Indochine. Hanoï.
Bulletin financier (*Haut-Commissariat de la République française dans les provinces du Rhin*). Paris.
Bulletin mensuel de la Société polymathique du Morbihan. Vannes.
Bulletin of the imperial earthquake investigation committee. Tokyo.
Bulletin of the Ontario Bureau of Mines. Toronto.
Bulletin périodique de la presse (étrangère). Paris.
Bulletin quotidien de presse étrangère. Paris.
Bulletin scientifique des étudiants de Paris. Paris.
Bulletin sismique. Uccle.
Bulletin trimestriel de la Société d'émulation du département des Vosges. Épinal.
Bulletin trimestriel publié par le bureau de la statistique générale. Bruxelles.
Bulletin volcanologique. Napoli.

Cambridge Observatory (Annual report). Cambridge.
Canada Department of Mines. Mines branch. (Publications). Ottawa.
Cape astrographic zones. Catalogue. London.
Carnegie Institution of Washington (Year book). Washington.
Casopis pro pestovani mathematiky a fysiky spolupusobenim odburniku. Praze.
Catalogo astrografico (Sezione Vaticana). Roma.
Catalogue des manuscrits alchimiques grecs. Bruxelles.
Catalogue général des manuscrits des bibliothèques publiques de France. Paris.
Catalogus codicum astrologorum græcorum. Bruxelles.
Circular of the Bureau of Standards. Washington.
Collection Armand Colin. Paris.
Collection de monographies sur la théorie des fonctions. Paris.
Comité des travaux historiques et scientifiques (Notices). Paris.
Comité français de géodésie et de géophysique (Publications). Paris.
Communications from the Physical Laboratory. Leiden.
Compagnie des chemins de fer du Midi (Rapport du Conseil d'administration). Paris.
Compte rendu des opérations et de la situation de la Caisse générale d'épargne et de retraite. Bruxelles.
Concorsi a premio del R. Istituto veneto. Venezia.
Congrès des Sociétés philosophiques. Paris.
Contribucion al estudio de las ciencias fisicas y matematicas. La Plata.
Contributions from the Princeton University Observatory. Princeton.
Contributions from the U. S. National Herbarium. Washington.
Contributions to Canadian Biology. Toronto.
Cornell University. Agricultural experiment station (Memoir, bulletin). Ithaca.

Danish Ingolf-expedition. Copenhagen.
Department of Commerce. Bureau of Standards (Miscellaneous publications). Washington.
Department of the Interior. Mineral Resources of the U. S. Washington.
Department of the Interior. U. S. geological survey : Water-supply paper. Washington.
Det Kungl. danske Videnskabernes selskab meddelelser. Kœbenhaven.
Djawa. Weltevreden.
Dzien polski (Le jour polonais). Warszawa.

Ecology. Brooklyn.
Économiste (L') français. Paris.
El Ouazir. Tunis.
Encyclopédie de Chimie industrielle. Paris.
Encyclopédie de Mécanique appliquée. Paris.
Encyclopédie pratique du naturaliste. Paris.
Epétèris tou panepistèmiacou étous. Athènes.
Epistèmonicè épétèris. Athènes.
Espagne (L'). Paris.
Est européen (L'). Varsovie.
Étoile bleue (L'). Paris.

Field Museum of Natural History Publication. Chicago.
Filosoficka biblioteka. Praze.
Flambeau (Le). Bruxelles.
Flora batava. S' Gravenhage.
Flora iberica. Junta para ampliacion de estudios. Madrid.
Foreign Affairs. New-York.
Forhandlingar i videnskapsselskapet i Kristiania. Kristiania.
Freeman meteorological Observatory. Canton.
Fugitive (The). Nashville.

General Report of the Survey of India. Calcutta.
Geographia do Brasil. Rio de Janeiro.
Géographie (La). Paris.

Harvard College Observatory (Circular). Cambridge (Mass.).
— *(Bulletin).* Cambridge (Mass.).

Index generalis (Montessus de Ballore). Paris.
Ingénieurs et techniciens. Paris.
Institut de France (Publications diverses). Paris.
Institut de paléontologie humaine (Publications). Paris.
Institut de physiologie générale (Travaux). Strasbourg.
Institution of civil engineers. Selected engineering papers. London.
Interamerican Digests (Economic series). New-York.
International Conciliation. Washington.

Jaarbœk der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Amsterdam.
Jaarstatistiek van den in, uit en doorvœr. S' Gravenhage.
Jahrbuch des norwegischen meteorologischen Instituts. Kristiania.
Japanese Journal of Astronomy and Geophysics. Tokyo.
Japanese Journal of Botanic. Tokyo.
John Crerar Library (Annual report). Chicago.
John Crerar Library list. Chicago.
Johns Hopkins University Circular. Baltimore.
Jornal de sciencias matematicas, fisicas e naturais. Lisboa.
Journal and Proceedings of the Royal Society of New-South Wales. Sydney.
Journal de la Société nationale d'horticulture de France. Paris.
Journal des économistes. Paris.
Journal of Metabolic Research. Morristown.
Journal of the College of Science. Tokyo.

(A suivre.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 MAI 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 2 juin au lieu du lundi 1er.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Nouveau générateur à courant continu 500 000 volts*. Note (1) de M. **d'Arsonval**.

Les recherches des laboratoires industriels s'orientent vers l'utilisation de tensions alternatives de plus en plus élevées. C'est ainsi que je vous ai décrit dernièrement le laboratoire ampère destiné à des essais sur des isolateurs, pouvant fournir 1 million de volts en courant alternatif.

Au contraire, les travaux des laboratoires de physique s'orientent vers l'utilisation des potentiels très élevés, mais de courant continu.

A cette occasion qu'il me soit permis de rappeler que les hauts potentiels, tant alternatifs que continus, sont appliqués depuis longtemps en électricité médicale. Qu'il me suffise de citer les nombreux dispositifs de haute fréquence que j'ai présentés à l'Académie depuis 1892 et les meubles producteurs de rayons X établis avec le concours de M. Gaiffe.

Les générateurs actuels à courant continu donnant 250000 volts et 30 milliampères, les ampoules à rayons X immergées dans l'huile, etc. sont le prolongement de ces recherches et de cette collaboration continue.

(1) Séance du 2 mars 1925.

La médecine, depuis Galvani s'efforce d'apporter sa contribution aux progrès de l'électricité.

Dans la lutte entreprise contre le cancer à l'aide de ce matériel il semble bien que les résultats seront d'autant plus intéressants que la longueur d'onde sera plus courte, ce qui nécessitera des potentiels de plus en plus élevés. C'est ainsi que dernièrement à la Société des Électriciens, son président, M. le Dr Broca, envisage dans l'avenir l'utilisation d'ampoules radiogènes fonctionnant à un potentiel de 1 million de volts.

Dans le domaine de la physique pure, la connaissance approfondie de l'atome, l'espoir de sa désintégration engagent les physiciens à essayer des courants continus à potentiel élevé. Notre confrère M. Perrin compte bientôt utiliser un générateur de plus de 500000 volts qu'il doit aux fonds de la Journée Pasteur. C'est ce générateur dont les essais viennent d'être terminés, que nous allons décrire.

En fait, ce générateur n'est que la prolongation des générateurs de courant continu à tension constante, 250000 volts, dont de nombreux exemplaires existent, tant en France qu'à l'étranger, pour l'alimentation des ampoules radiogènes destinées à la radiothérapie profonde pour la lutte contre le cancer. Les avantages de cet appareil ont été signalés dès 1915 par MM. Ledoux-Lebard et Dauvillier.

En principe, ce générateur est constitué par un condensateur chargé à haut potentiel, à l'aide d'un courant alternatif à haute tension dont les alternances sont sélectionnées à l'aide de soupapes à cathodes incandescentes. Ces soupapes, dénommées « Kénotrons », sont essentiellement constituées par un filament de tungstène roulé en hélice et porté à l'incandescence à l'aide d'un courant de 7 à 8 ampères sous quelques volts. Concentriquement à ce filament, se trouve placé un cylindre de molybdène; ces deux électrodes sont contenues dans un ballon complètement vide de gaz.

Si l'on établit une différence de potentiel alternatif entre les deux électrodes ci-dessus indiquées, sous l'influence de l'effet Edison, le courant passera facilement lorsque le filament incandescent sera négatif, tandis qu'il rencontrera une résistance infinie lorsque ce filament sera positif. Il en résulte un effet soupape permettant au courant haute tension de passer facilement dans un sens et d'être complètement arrêté dans le sens contraire.

En plaçant en série dans le circuit haute tension d'un transformateur, un de ces kénotrons et un condensateur, on peut obtenir un courant toujours

de même sens dans le condensateur, et par suite, ce dernier appareil emmagasine une certaine quantité d'électricité à l'état statique. On aura ainsi utilisé une des alternances d'un courant alternatif haute tension pour obtenir une charge d'électricité continue dans un condensateur.

Cette charge pouvant d'ailleurs être utilisée au moment choisi, et en particulier d'une manière continue même pendant le temps de la charge. C'est ainsi que sur un courant alternatif à 50 périodes on peut charger un condensateur d'une capacité de $\frac{2}{100}$ de microfarad à un potentiel de 75000 volts et le décharger d'une manière permanente à 10 milliampères, sans que les variations de potentiel de ce dernier circuit d'utilisation soient supérieures à 5 pour 100. Le condensateur agira donc là comme un réservoir d'électricité régularisant les débits intermittents fournis 50 fois par seconde par le transformateur et le kénotron.

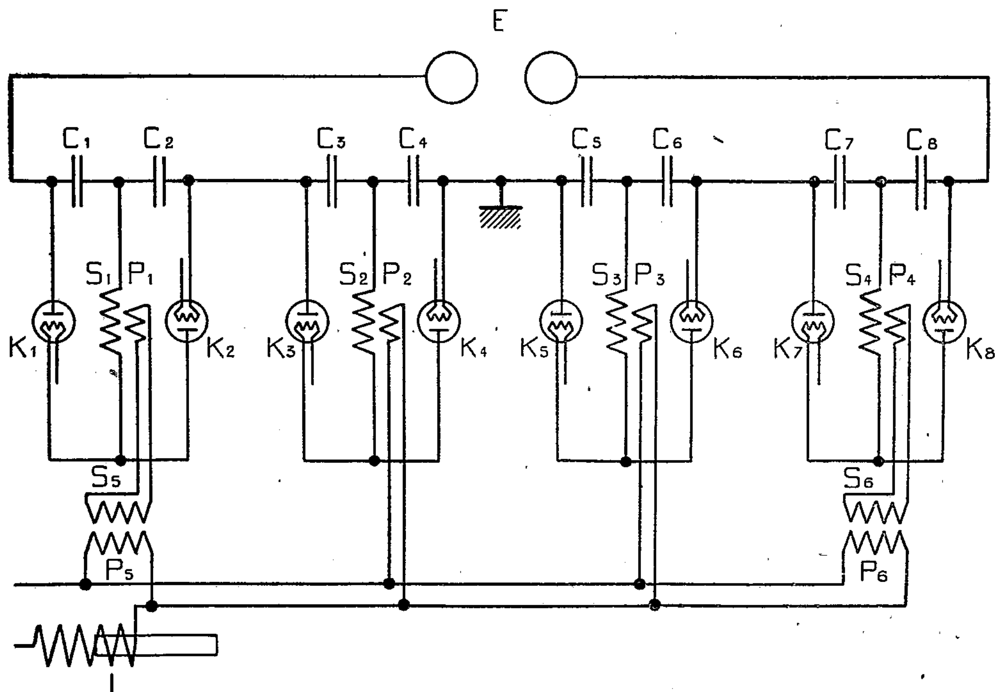
Pour utiliser les deux alternances fournies obligatoirement par le transformateur de courant alternatif haute tension, il suffira de monter en sens inverse sur ce même secondaire un deuxième kénotron et un deuxième condensateur qui, lui aussi, se chargera 50 fois par seconde au même potentiel. Les deux condensateurs montés en série, chargés chacun à 75000 volts, permettent donc d'obtenir un courant continu au potentiel de 150000 volts. M. Marius Latour a montré qu'en associant deux ensembles ainsi constitués par un transformateur, deux kénotrons et deux condensateurs, on peut monter facilement au potentiel de 300000 volts.

En mettant le point milieu à la terre, les isolements pourront être réalisés sans trop de difficultés. C'est de cette manière que sont établis les nombreux générateurs destinés à l'alimentation des ampoules radiogènes dont il est question précédemment; pour des raisons de sécurité, on limite volontairement le potentiel de ce générateur à 250 kilovolts.

Il est facile de concevoir qu'en mettant à chacune des extrémités de ce générateur deux autres groupes identiques pouvant fournir 150 kilovolts, on portera le potentiel total à 600000 volts. Les isolements par rapport au sol seront alors complétés par des transformateurs intermédiaires, qui n'auront à supporter qu'une tension de 150000 volts; les groupes extrêmes étant montés sur des plates-formes munies d'isolateurs, de façon à permettre à tout l'ensemble d'être porté au potentiel de 150000 volts par rapport au sol.

Le schéma ci-après permet de se rendre compte des connexions des divers éléments entre eux. On voit en C_1, C_2, C_3, C_4, ..., C_8 les condensateurs; K_1, K_2, K_3, K_4, ..., K_8 les kénotrons assurant la sélection des alter-

nances du courant alternatif; S_1, S_2, S_3, S_4 les secondaires des transformateurs haute tension; P_1, P_2, P_3, P_4 les primaires de ces mêmes transformateurs dont les extrêmes P_1, P_4 sont connectés aux secondaires S_5, S_6 des transformateurs élévateurs de tension destinés à les isoler du sol pour 150000 volts. Les primaires P_1 et P_4 sont connectés au potentiel de 150000 volts par rapport au sol; les primaires P_2, P_3, P_5, P_6 sont connectés à la source de courant alternatif de 220 volts par exemple. Une self de réglage intercalée dans le circuit de ce primaire permet de régler le potentiel aux bornes des primaires et par suite le potentiel haute tension qui détermine le potentiel à courant continu auquel se trouve chargé chacun des condensateurs.



C'est ainsi que l'on peut régler très facilement la tension du courant continu fourni par ce générateur, chacun des kénotrons $K_1, K_2, \ldots, K_8$ a naturellement son filament alimenté par un petit transformateur auxiliaire fournissant les 7 à 8 ampères et les quelques volts nécessaires à les chauffer.

Ces transformateurs ont des isolements prévus pour pouvoir supporter les potentiels auxquels sont portés ces électrodes; dans les différents circuits sont prévues des résistances destinées à amortir les émissions de haute

fréquence qui pourraient se produire par suite de charge brusque des condensateurs s'il se produit une étincelle soit entre deux points du circuit, soit à l'utilisation.

Pour éviter les effluvations qui pourraient se produire, les conducteurs à haute tension sont constitués par des tubes de gros diamètre terminés par des sphères d'au moins 10^{cm} de diamètre, pour une tension de 300000 volts par rapport au sol. La mesure de ce potentiel de 600000 volts est très difficile à faire exactement, et jusqu'à présent on n'a pu utiliser que les potentiels explosifs entre des sphères de grand diamétre. Pour ces générateurs, on a prévu deux sphères de 50^{cm} de diamètre.

Pour un potentiel de 600000 volts continu, l'étincelle jaillit lorsque ces sphères sont écartées de 28^{cm}; entre pointes l'étincelle atteint environ $1^{m},20$ de longueur.

Le schéma montre la réalisation d'un générateur établi avec des capacités de $\frac{2}{100}$ de microfarad et dont le débit peut être porté à 10 milliampères pour 500000 volts, avec des variations inférieures à 5 pour 100.

Le générateur destiné au Laboratoire de M. Perrin comprendra des condensateurs de $\frac{6}{100}$ de microfarad; le débit pourra être porté à 30 milliampères pour la tension normale d'utilisation de 500000 volts, ce qui représente un courant continu d'une puissance de 15 kilowatts.

Il convient de remarquer qu'un générateur ainsi établi et qui ne comprend que quatre transformateurs statiques élévateurs de tension et huit condensateurs a un rendement en énergie qui est remarquable. Les pertes sont, en effet, réduites au minimum; la chute de tension dans les kénotrons est relativement très faible, les condensateurs qui sont toujours sur courant continu ont des pertes dans les diélectriques qui sont négligeables, et les transformateurs n'ayant pas à fournir des potentiels très élevés et n'ayant pas besoin d'isolement considérable par rapport au sol peuvent être établis pour avoir d'excellents rendements.

La pratique du générateur à 250000 volts utilisé en radiothérapie pénétrante montre que ce générateur est susceptible d'un emploi courant sans aucun aléa, et sa réalisation a montré que l'on peut continuer dans cette voie avec toutes les chances de succès, et que dès aujourd'hui les laboratoires pourront faire établir sur ce principe des générateurs pouvant fournir un million de volts de courant continu et même davantage si les besoins et les crédits le permettent.

Remarque sur la Communication précédente par M. **Jean Perrin**.

L'appareillage donnant 500000 volts avec courant continu, que vient de présenter à l'Académie M. d'Arsonval, peut intéresser particulièrement le physicien, comme une étape nécessaire dans la réalisation artificielle de rayons corpusculaires à grande vitesse.

Les corps radioactifs sont jusqu'à présent la source unique de tels rayons, et sir R. Rutherford a récemment prouvé par de belles expériences qu'en particulier les rayons α, quand ils frappent de champ les noyaux atomiques, peuvent en extraire de l'hydrogène et réaliser des transmutations. Or ces rayons ont une vitesse correspondant à une chute de potentiel d'environ 5 millions de volts. Quand nous réaliserons de telles différences de potentiel, nous pourrons tenter de faire porter ce genre de transmutations sur des quantités notables de matière.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Phosphates inorganiques et hypoglycémie insulinienne.* Note [1] de MM. **A. Desgrez**, **H. Bierry** et **F. Rathery**.

En nous inspirant des recherches de C. Funk et des nôtres, sur le rôle joué par la vitamine B dans le métabolisme des hydrates de carbone, puis des travaux de Harden et Young, Ivanov, Harden et Robinson, Embden et Laquer sur les acides hexosephosphoriques, nous avons montré les bons effets obtenus chez les diabétiques par l'administration de vitamine B associée aux phosphates [2].

Des travaux récents sur l'insuline sont venus établir l'existence d'une relation étroite entre le phosphore et le métabolisme des hydrates de carbone. Wigglesworth, Wodrow, Smith et Winter (1923) ont constaté que l'injection d'insuline était suivie d'un abaissement du phosphore inorganique du sang chez l'animal. La même variation, dans le sang de l'homme normal et diabétique, s'accompagnant d'un abaissement de l'excrétion du phosphore urinaire, a été signalée par Blatherwick, Bell et Hill (1923), puis retrouvée par Perlyzwig, Lathan et Keefer, Harrop et Benedict, etc.

(1) Séance du 6 avril 1925.
(2) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 536, *Bull. Acad. de Méd.*, 88, 1922, p. 167.

De nombreuses expériences ont été réalisées touchant le parallélisme d'excrétion du phosphore et de l'azote urinaires. Elles ont montré que le taux d'excrétion de ces substances était surtout influencé par le métabolisme des hydrates de carbone et non par le métabolisme des protéines et des substances nucléaires (Mac Leod et Allan, 1923; Blatherwick, Bell et Hill, 1924; Sokley et Allan, etc.).

A la suite de ces constatations, les auteurs ont envisagé une transformation possible, dans le muscle, du sucre en complexe hexosephosphorique, soit pendant la conversion du glucose en glycogène, soit pendant la dégradation du glucose.

C'est du reste à cette combinaison (lactacidogène) qu'Embden et ses élèves ont attribué un rôle important dans les échanges musculaires du sucre.

Au cours de nos recherches, nous avons été ainsi amenés à étudier les effets des phosphates inorganiques sur l'hypoglycémie insulinienne.

Nous avons eu recours à l'insuline purifiée que nous avons obtenue à l'état de poudre blanche, non hygroscopique — exempte de matières grasses et de sels — et que nous avions utilisée dans de précédentes expériences [1].

Les solutions de phosphates renfermaient: $PO^4Na^2H, 2H^2O$ et PO^4KH^2, préparés à cet effet; grâce à des proportions convenables de ces sels, les solutions étaient amenées à présenter un P_H de 7,4, voisin de celui du sang.

L'insuline était injectée sous la peau, à la dose de 10 ou 20^{mg}; on faisait usage, pour les expériences successives sur le même animal, d'une insuline provenant d'un même lot de pancréas. Aussitôt après l'administration d'insuline, on injectait les phosphates en utilisant soit la voie veineuse, soit la voie sous-cutanée.

On opérait sur le chien maintenu à jeun; les prises de sang étaient faites à l'artère. Les évaluations de sucre ont porté sur le plasma sanguin : désalbumination par le nitrate mercurique (Bierry et Portier), dosage du glucose par la méthode de G. Bertrand.

---

(1) Desgrez, Bierry et Rathery, *Bull. Acad. de Médec.*, **89**, 1923, p. 424; *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1833; **177**, 1923, p. 795; *C. R. Soc. de Biologie*, **89**, 1923, p. 473; *Paris-Médical*, **37**, 1923, p. 201; *Bull. Soc. méd. des Hôpit.*, **36**, 1923, p. 1693; *Bull. Acad. de Médec.*, **91**, 1924, p. 407; *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1771; *Presse Médicale*, **89**, 1924, p. 869; *Bull. Acad. de Médec.*, **93**, 1925, p. 478.

Expériences :

Chien ($7^{kg},900$) :

		Sucre en gr. pour 1000 de plasma.
		g
1er jour	Avant l'injection	1,39
	2 heures après l'injection d'insuline seule	0,99
Lendemain	Avant l'injection	1,28
	2 heures après l'injection d'insuline, puis de 2^g de phosphates	0,50

Chien ($16^{kg},800$) :

1er jour	Avant l'injection	1,28
	3 heures après l'injection d'insuline seule	0,45
	6 heures après	0,55
	24 heures après	1,13
Lendemain	Avant l'injection	1,13
	3 heures après l'injection d'insuline, puis de $4^g,20$ de phosphates	0,25
	6 heures après	0,40
	24 heures après	1,13

Chien ($11^{kg},900$) :

1er jour	Avant l'injection	1,49
	3 heures après l'injection d'insuline seule	0,75
	6 heures après	0,90
	24 heures après	1,18
Lendemain	Avant l'injection	1,49
	3 heures après l'injection d'insuline, puis de 3^g de phosphates	0,50
	6 heures après	0,60
	24 heures après	1,49

Dans certaines expériences, on a interverti les opérations : les injections d'insuline et de phosphates ont été faites le premier jour; le lendemain, l'injection d'insuline seule. L'administration des phosphates, dans ces cas, au lieu d'être intraveineuse, a été faite sous la peau.

Chien ($10^{kg},800$) :

		Sucre en gr. pour 1000 de plasma.
		g
1er jour	Avant l'injection	1,13
	3 heures après l'injection d'insuline, puis de 2^g de phosphates.	0,20
	6 heures après	0,25
Lendemain	Avant l'injection	0,75
	3 heures après l'injection d'insuline seule	0,55
	6 heures après	0,55

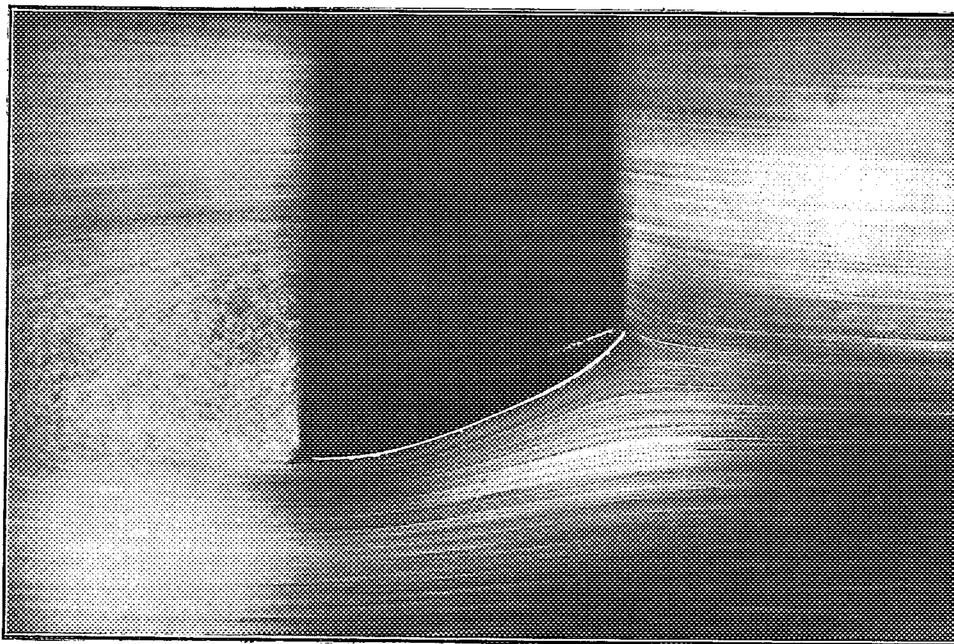


Fig. 1. — Écoulement de l'eau autour d'une palette inclinée; existence d'une surface de discontinuité; régime non turbulent à l'extérieur et turbulent à l'intérieur (voir paragraphe I).

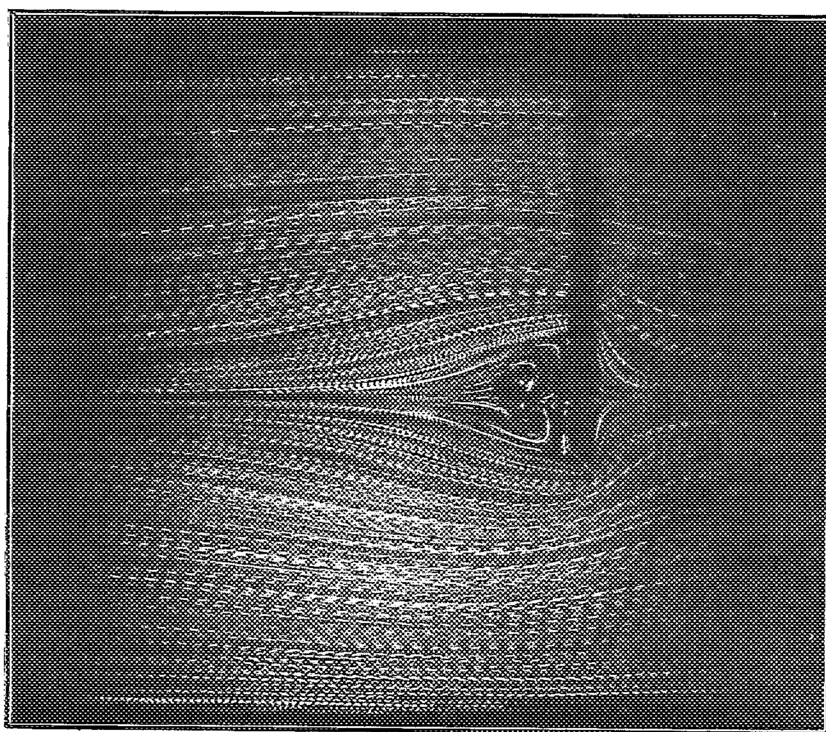


Fig. 2. — Écoulement de l'huile autour d'une palette; la discontinuité de la vitesse a disparu, comme le montre la répartition des vitesses (voir paragraphe III).

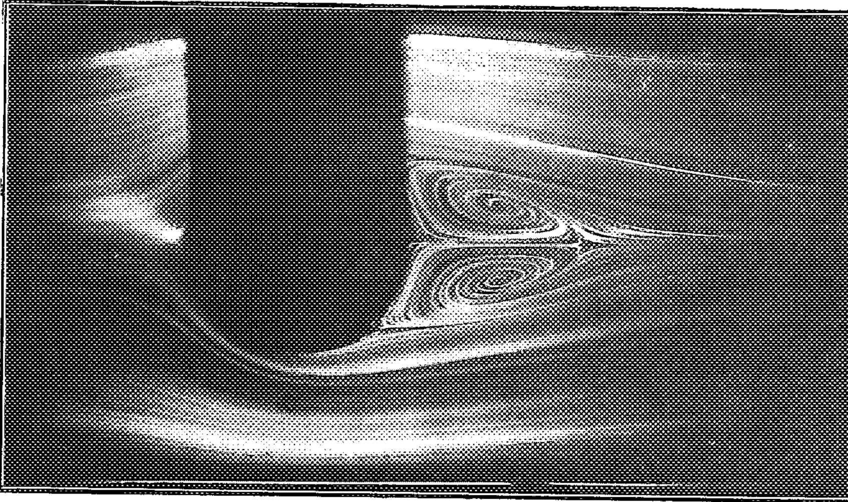


Fig. 3. — Écoulement de l'huile autour d'un cylindre droit à base circulaire; la discontinuité de la vitesse a disparu; le régime est partout non turbulent; on voit nettement la zone A et les points singuliers dont il est question dans le paragraphe III.

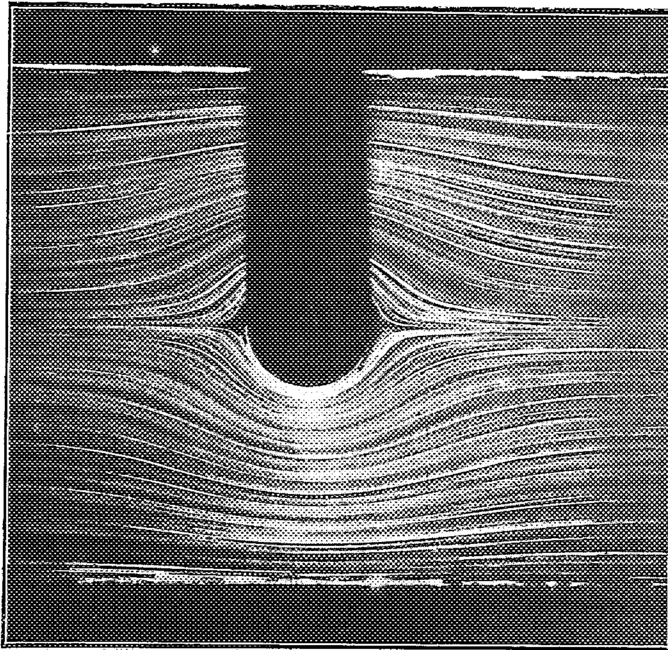


Fig. 4. — Écoulement de l'huile autour d'un cylindre droit à base circulaire; la disposition des filets est à peu près symétrique à l'amont et à l'aval voir paragraphe IV).

On a comparé, chez un même chien, les effets, sur la glycémie d'une même dose de phosphates administrée seule d'abord, puis associée à l'insuline :

Chien ($7^{kg},900$) :

		Sucre en gr. pour 1000 de plasma.
		g
1er jour	Avant l'injection	1,49
	3 heures après l'injection de 2g de phosphates	1,13
	6 heures après	1,03
	24 heures après	1,29
Lendemain	Avant l'injection	1,33
	3 heures après l'injection d'insuline, puis de 2g de phosphates.	0,40
	6 heures après	0,30

Dans certaines expériences, l'effet consécutif à l'injection de l'insuline et des phosphates fut si intense et si prolongé qu'il entraîna la mort de l'animal.

Conclusions. — L'injection à l'animal d'une dose convenable de solution de phosphates : $PO^4Na^2H, 2H^2O$ et PO^4KH^2, présentant un P_H voisin de celui du sang, intensifie et prolonge d'une façon remarquable l'hypoglycémie insulinienne.

HYDRONYNAMIQUE. — *Sur l'écoulement des fluides visqueux autour d'un obstacle.* Note [1] de MM. C. **Camichel**, L. **Escande** et M. **Ricaud**.

Dans cette Note, nous décrivons succinctement les phénomènes qui se produisent à l'aval d'un corps immergé dans un fluide incompressible, en précisant les divers régimes qu'on y rencontre.

I. On prend un obstacle, formé, par exemple, par une palette circulaire ayant 1^{cm} de diamètre, placée normalement à un courant d'eau s'écoulant dans un ajutage dont l'axe est horizontal et dont la section carrée a 4×4^{cm}. Quand la vitesse W moyenne de l'eau à l'amont dépasse $0^m,30$ par seconde, il se produit derrière l'obstacle une surface de discontinuité de la vitesse à l'intérieur de laquelle le régime est turbulent et à l'extérieur de laquelle le régime est non turbulent. La figure 1 (voir la planche) [2] donne un

(1) Séance du 11 mai 1925.

(2) Pour constituer cette planche, nous avons choisi à dessein des clichés correspondant à des obstacles variés, afin de mettre en évidence la généralité des résultats obtenus.

exemple de ce phénomène. Pour des vitesses beaucoup plus élevées, le régime à l'extérieur est turbulent.

La forme de la surface de discontinuité reste indépendante de la vitesse, comme on a pu le vérifier pour des vitesses variant de $6^m,50$ à $0^m,30$ par seconde [1].

II. Quand la vitesse devient inférieure à $0^m,30$ par seconde, on a l'apparition, derrière l'obstacle, des tourbillons alternatifs (*fig.* 2) décrits par MM. Brillouin, Bénard, Karmann, Joukowsky, etc.

III. Pour des vitesses inférieures à $0^m,02$ par seconde, la surface de discontinuité de la vitesse disparaît, comme le montrent des mesures précises faites sur la photographie 2 et sur d'autres analogues, et l'on a, à l'aval de l'obstacle, un régime non turbulent caractérisé dans le plan horizontal passant par le milieu de l'obstacle, par une zone A, dans laquelle existe un double mouvement de circulation de l'eau (*fig* 3), comportant un certain nombre de points singuliers. La description de ce phénomène qui est rendu complexe par l'influence des parois sera donnée ultérieurement dans un Mémoire.

Quand la vitesse décroît jusqu'à des valeurs de quelques millimètres par seconde, le point P, extrémité aval de la zone A, se rapproche de plus en plus de l'obstacle.

IV. Comme nous l'avons démontré [2], la loi de Reynolds s'applique rigoureusement à ces phénomènes; il est donc possible d'étudier le cas des très faibles vitesses dans l'eau, en remplaçant celle-ci par un fluide plus visqueux, par exemple, de l'huile, dont le coefficient cinématique de viscosité : $\frac{\mu}{\rho} = 4,1$, C. G. S. à 9°C. On observe alors les phénomènes que nous venons de décrire au paragraphe III, pour des vitesses variant de quelques mètres par seconde à quelques centimètres par seconde. Pour des vitesses de 2^{cm} à 3^{cm} par seconde, dans l'huile, on a une disposition à peu près symétrique des filets par rapport à l'obstacle, comme le montre la figure 4. La répartition des vitesses, à l'amont et à l'aval, tend également à devenir symétrique par rapport au plan vertical passant par le centre de l'obstacle, et normal à la direction moyenne des filets liquides.

---

(1) Quand on fait vibrer l'obstacle, normalement à la direction d'écoulement du fluide, la surface de discontinuité se déforme et la zone contenue à l'intérieur de celle-ci disparaît presque complètement pour certaines vitesses.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1326.

En faisant varier d'une façon continue la vitesse dans un sens, puis dans l'autre, on reproduit la succession des phénomènes précédents; pour une vitesse donnée, l'écoulement est indépendant du sens de la variation, comme nous avons pu le vérifier en déterminant par la photographie la position du point P dans les divers cas.

V. *Conclusions.* — On doit donc considérer trois catégories de phénomènes, à l'aval d'un corps immergé dans un fluide en mouvement :

1° La surface de discontinuité de la vitesse (I);

2° Les tourbillons alternatifs (II);

3° Le mouvement de circulation de l'eau (III), tendant à la limite vers l'écoulement symétrique à l'amont et à l'aval (IV).

ZOOLOGIE. — *Un nouveau Gastropode producteur de galles sur les piquants du* Dorocidaris tiara *Anderson*. Note de MM. **R. Kœhler** et **C. Vaney**.

L'*Investigator* a rapporté de ses explorations dans l'océan Indien un certain nombre d'exemplaires de *Dorocidaris tiara* Anderson, recueillis dans les parages de Ceylan à des profondeurs comprises entre 240 et 650^m, et dont certains présentaient des piquants modifiés sous l'action d'un Gastropode parasite. Parfois un même Oursin possédait toute une série de piquants ainsi modifiés; nous en avons trouvé jusqu'à sept sur un même individu.

Les modifications présentées par ces piquants sont assez variables [1]. Généralement le piquant est réduit à sa partie basilaire lisse, qui est plus ou moins renflée au-dessus du cône d'articulation et prend l'allure d'une sorte de galle creuse, de forme variable, souvent irrégulière, et de couleur blanchâtre ou brunâtre. Le bourrelet d'articulation du piquant reste généralement bien visible et strié. La hauteur de la partie modifiée en galle oscille entre 4 à 6^{mm},5, le plus grand diamètre de la portion renflée varie entre 3 et 5^{mm}.

Certaines de ces galles sont largement ouvertes vers leur partie supérieure, elles ont l'aspect cupuliforme mais le contour de l'orifice est presque toujours irrégulier. D'autres renflements s'ouvrent latéralement par une ouverture plus ou moins rétrécie. Parmi ces dernières nous en observons

(1) Elles ont été figurées dans les planches XXXI et XXXII du Mémoire publié par l'un de nous sur les *Anomalies, irrégularités et déformations du test chez les Échinides* (*Annales de l'Institut océanographique*, 1, fasc. 5, 1924, p. 460).

quelques-unes, dont la partie renflée est surmontée d'un court tronçon, disposé parfois excentriquement, et constituée par une portion cannelée du piquant.

La plupart de ces galles hébergent, dans l'intérieur de leur loge, un petit Gastropode, dont on aperçoit très bien le sommet de la coquille se terminant en un petit mucron. Ce sont les galles les plus développées. Les piquants les moins déformés ont généralement des loges réduites ne présentant aucun hôte dans leur intérieur.

La paroi des galles est très épaisse, son épaisseur atteint $1^{mm},5$ à 2^{mm}; elle est constituée surtout par une hypertrophie du tissu calcifié du piquant, qui lui donne une très grande rigidité. Elle limite une cavité centrale, sorte de loge plus ou moins sphérique, dont le diamètre varie de 2 à 3^{mm}.

L'hôte que l'on aperçoit dans la loge est un petit Gastropode de 3^{mm} de longueur dont la coquille blanchâtre, porcelanée, présente six tours de spire. Cette coquille est mince et très fragile. Le diamètre du dernier tour de spire atteint $2^{mm},3$. Le sommet de la coquille est constitué par un mucron ayant à peine $0^{mm},5$ de hauteur et $\frac{1}{3}$ de millimètre de diamètre à sa base; il est formé par l'ensemble des trois premiers tours de spire. Les trois derniers tours de la coquille sont beaucoup plus renflés, surtout le dernier et l'avant-dernier : leurs lignes d'accroissement sont bien marquées.

Le Gastropode extrait de sa loge présente une trompe assez forte et saillante, atteignant plus de 1^{mm} de longueur; elle est entourée à sa base par une sorte de collerette ou pseudo-pallium, recouvrant en grande partie le rebord de la coquille. On observe une région céphalique très réduite et une petite masse pédieuse ne portant aucun opercule. Dans la même loge, on trouve à côté de cet individu adulte un autre exemplaire de toute petite taille n'ayant que 1^{mm} de longueur, et toute une série de pontes plus ou moins sphérique, ayant environ 1^{mm} de diamètre et renfermant chacune de vingt à vingt-cinq œufs.

L'examen de coupes nous a permis d'établir que le Gastropode de grande taille est une femelle, tandis que le petit exemplaire est un mâle. Tous les deux sont en pleine maturité génitale et vivent côte à côte dans la même galle.

Il y a donc dimorphisme sexuel bien net : la femelle étant trois fois plus haute que le mâle. De plus, le mâle a une coquille mince dont le dernier tour, le plus renflé, a $0^{mm},5$ de diamètre, tandis que les tours précédents, plus étroits, constituent par leur ensemble une sorte de mucron assez fort. Chez le mâle la trompe est plus massive et moins saillante que chez la

femelle; le pseudo-pallium est très développé, à contours irréguliers et il recouvre une plus grande partie de la coquille que chez la femelle.

L'étude des coupes nous a permis de déceler une paire d'yeux pigmentés, de petite taille, plus ou moins enfoncés dans le tissu conjonctif. Le système nerveux est très condensé, quoique les divers ganglions soient assez bien individualisés; vers les ganglions pédieux se trouvent une paire d'otocystes. Le pied est très réduit et renferme une glande suprapédieuse très apparente et une glande pédieuse proprement dite. Il n'existe pas de radula; la cavité palléale est largement ouverte et renferme une branche bien développée.

Les œufs contiennent une grande quantité de vitellus.

Ce Mollusque appartient à la famille des *Eulimidæ*. Avec sa coquille pourvue d'un mucron constitué par les premiers tours de spire, il entre dans le groupement comprenant les genres *Pelseneeria*, *Mucronalia*, *Megadenus* et *Stilifer*. L'absence d'opercule, la présence d'un pseudo-pallium d'origine céphalique, l'existence d'un pied rudimentaire pourvu de glandes pédieuses bien développées et le dimorphisme sexuel très accentué, nous amènent à le considérer comme une nouvelle espèce de *Megadenus*, pour laquelle nous proposons le nom de *cysticola*.

Le genre *Megadenus* a été établi par Rosen, en 1910, d'après une nouvelle espèce de Gastropode parasite, *Megadenus holothuricola*, qu'il avait observée fixée par sa trompe aux organes arborescents de certaines *Holothuria mexicana* Ludwig des îles Bahama. Une deuxième espèce, *Megadenus voeltzkowi* Schepman et Nierstrasz (1913) a été trouvée par Voeltzkow fixée du côté cœlomique à l'anneau pharyngien d'une Holothurie de Zanzibar, probablement l'*Holothuria pardalis* Selenka. Ces deux espèces de *Megadenus*, quoique ayant l'aspect et les caractères morphologiques des Gastropodes ectoparasites, ont plutôt une vie endoparasite. Notre nouvelle espèce, qui vit enfermée dans une galle communiquant avec l'extérieur, présente des conditions d'existence comparables à celles des autres *Megadenus*.

Chez les *Megadenus holothuricola* et *voeltzkowi* l'individu mâle et l'individu femelle ont été aussi trouvés côte à côte; ils se distinguent l'un de l'autre par des différences de taille et par des dispositions anatomiques bien caractéristiques. Ainsi chez le *M. holothuricola*, le mâle a une trompe plus courte que celle de la femelle, tandis que son pseudo-pallium est plus développé: il recouvre la majeure partie de la coquille et dans la cavité pseudo-palléale ainsi délimitée se trouvent les amas d'œufs. Notre nouvelle espèce présente un dimorphisme encore plus accentué et le mâle est de bien plus petite taille que la femelle dont il se distingue d'ailleurs par d'autres caractères.

Nous avions déjà signalé un semblable dimorphisme chez une autre espèce de Gastropode ectoparasite, également découvert par l'*Investigator*, le *Thyca stellasteris*. Il en résulte qu'un dimorphisme sexuel bien marqué se retrouve dans deux séries bien différentes de Gastropodes ectoparasites : celle des *Capulidæ* avec le *Thyca stellasteris* et celle des *Eulimidæ* avec les *Megadenus* et particulièrement avec le *M. cysticola*. Ce dernier fait est particulièrement intéressant car les *Eulimidæ* sont rattachés aux *Entoconchidæ* ou Gastropodes endoparasites par notre *Gasterosiphon deimatis*. Or, Schwanwitch (1917) a découvert chez une forme d'*Entoconchidæ*, l'*Entocolax ludwigi* Voigt, des mâles nains et rudimentaires. Ces mâles ont à peine $0^{mm},5$: ils sont globuleux et leur organisation est fortement réduite, car sous leur tégument on ne trouve qu'un rudiment d'intestin et un volumineux testicule muni d'un canal déférent. Schwanwitch a pu suivre la métamorphose de la larve véligère, à structure assez complexe, en mâle rudimentaire. Ces mâles nains ont été trouvés dans la cavité incubatrice ou pseudo-palléale d'individus femelles d'*Entocolax ludwigi* mesurant une dizaine de millimètres de longueur. L'organisation de ces femelles, quoique profondément modifiée par l'endoparasitisme, l'est beaucoup moins que celle du mâle, puisqu'on y trouve encore un tube digestif avec œsophage et intestin, un rein, un appareil génital avec ovaire, oviducte, réceptacle séminal et utérus ainsi qu'un ganglion nerveux accompagné d'une paire d'otocystes.

Le dimorphisme sexuel observé chez les *Megadenus* représente donc un premier terme dans une série où le stade ultime est celui d'*Entocolax ludwigi* avec ses mâles nains et rudimentaires. Des remarques faites par Kükenthal (1897), ainsi que par Schepman et Nierstrasz (1909), font pressentir un dimorphisme chez quelques *Mucronalia*. Nierstrasz (1909) a trouvé dans la cavité palléale du *Stilifer sibogæ* Schepman et Nierstrasz une forme larvaire pédogénétique présentant des spermatozoïdes mûrs et qui pourrait bien être un mâle nain.

Des déformations des piquants de *Cidaridæ* sous l'influence de Gastropodes avaient déjà été signalées. En 1860, Hupé décrit une nouvelle espèce de Stilifer, le *S. orbignyanus*, qui avait transformé deux piquants d'un *Phyllacantus imperialis* (Lamarck), provenant de la Nouvelle-Hollande, en formations globuleuses, irrégulièrement sphéroïdales. Ces sortes de galles, ayant l'aspect de noisettes, présentaient à leur base deux petites ouvertures en fentes. Celles-ci mettaient en relation avec l'extérieur une cavité interne de 1^{cm} de diamètre, dans laquelle se trouvaient deux coquilles de

Stilifer adulte de 5 à 6^{mm} de longueur, entourées d'un certain nombre de petites coquilles. Il est très probable, comme le pensait d'ailleurs Hupé, que les deux individus adultes étaient le mâle et la femelle de la même espèce : ils étaient entourés de leur progéniture.

Rathbun (1885) signale des perforations et des protubérances dans les piquants d'*Eucidaris tribuloides* qui seraient dues à un *Stilifer*, et, dans la variété *africana* de la même espèce d'Oursin, Mortensen (1910) a observé et figuré trois exemplaires d'un *Stilifer*, fixés à un piquant et provoquant une excroissance en forme de galle qui s'ouvre largement à l'extérieur et dans la cavité de laquelle sont logés les parasites et leurs pontes.

Il serait intéressant de retrouver et d'étudier à nouveau ces différents *Stilifer* pour voir s'ils ne se rattachent pas au genre *Megadenus*. Il ne semble pas que les auteurs, qui les ont signalés, aient été frappés par un dimorphisme des individus adultes.

En présentant à l'Académie le fascicule III du *Mémorial des Sciences mathématiques*, intitulé *Sur les fonctions hypergéométriques de plusieurs variables, les polynomes d'Hermite et autres fonctions sphériques dans l'hyperespace*, dont il est l'auteur, M. **Appell** s'exprime comme il suit :

Les théories classiques de la série hypergéométrique de Gauss et des polynomes de Legendre peuvent être étendues à des fonctions de plusieurs variables. Déjà Hermite, se plaçant dans le domaine algébrique, a, en 1865, étendu la théorie des polynomes de Legendre à des fonctions de deux variables; en 1880, j'ai pu de même généraliser le point de vue de Gauss pour les fonctions hypergéométriques. Les recherches ultérieures de MM. E. Picard et E. Goursat, dans la voie ouverte par Riemann et Fuchs, ont donné les mêmes résultats. Enfin, en 1913, j'ai réussi à montrer comment les polynomes d'Hermite se rattachent aux fonctions sphériques dans l'hyperespace. Des travaux récents de J. Kampé de Fériet et de P. Humbert ont généralisé et perfectionné la théorie.

On sait que le Mémorial paraît sous le patronage de l'Académie, que le directeur de la publication est M. Villat, professeur à l'Université de Strasbourg, et que l'imprimeur-éditeur est la Maison Gauthier-Villars; je suis heureux, à cette occasion, de remercier la Maison Gauthier-Villars pour le grand et heureux effort qu'elle s'est imposé afin de réaliser la nouvelle collection, en rendant ainsi à la Science et à la France un grand service.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *L. Maquenne*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 58,

M. Gustave André	obtient	. . . . . .	32 suffrages
M. Pierre Mazé	»	. . . . . .	16 »
M. Max Ringelmann	»	. . . . . .	9 »
M. Émile Schribaux	»	. . . . . .	1 suffrage

M. **Gustave André**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

NOMINATIONS.

M. **G. Kœnigs** est désigné pour représenter l'Académie au *Congrès mixte des Associations espagnole et portugaise pour l'avancement des sciences*, qui siégera à Coïmbre du 14 au 19 juin 1925.

CORRESPONDANCE.

La **Société chimique de Pologne** adresse à l'Académie l'expression de ses condoléances à l'occasion de la mort de M. *A. Haller*.

L'**Académie des Sciences de Russie** fait savoir qu'elle célébrera le 6 septembre prochain son bicentenaire. Elle prie l'Académie de se faire représenter à cette solennité.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Néocomien de la bordure orientale du bassin de Paris*, par GEORGES CORROY.

2° LOUIS ROULE. *Daubenton et l'exploitation de la nature*. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° *Le vol à voile avec contribution à l'étude expérimentale de la physique et de la mécanique des fluides*, par A. MAGNAN. Tome I : *Étude des courants aériens. L'utilisation du vent par les oiseaux voiliers. Caractéristiques des oiseaux volant à voile*. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les familles de surfaces et de courbes.* Note (¹) de M. **B. DE KERÉKJÁRTÓ**, transmise par M. J. Hadamard.

Les résultats classiques de Poincaré sur les courbes définies par des équations différentielles peuvent être étendus au cas topologique; cette extension donne en même temps le moyen de généraliser les résultats aux espaces à plus de deux dimensious. En me bornant ici au cas de trois dimensions, je rends compte de mes recherches, dont l'idée directrice est de caractériser d'abord les familles de surfaces, et ensuite, à l'aide de celles-ci, de traiter les familles de courbes.

Pour ces recherches, la notion d'*écart* (de deux surfaces ou de deux courbes) introduite par M. Fréchet se trouve être fondamentale. Voici comment on obtient à l'aide de cette notion les conditions de régularité.

Considérons d'abord une famille de surfaces fermées simplement connexes, intérieures à une surface S_1, qui n'ont aucun point d'intersection et telles que par chaque point intérieur à S_1, sauf certains points isolés, passe une surface de la famille et une seule. Je démontre de la même façon que je l'ai fait pour le cas de deux dimensions, qu'il n'y a qu'un seul point exceptionnel, intérieur à toutes les surfaces de la famille, ensuite qu'on peut faire correspondre aux surfaces S de la famille les valeurs $0 < t \leqq 1$ de telle sorte que pour $t < t'$, la surface S_t soit intérieure à $S_{t'}$ et que pour des valeurs suffisamment petites de $|t - t'|$, chaque point de S_t soit à une distance arbitrairement petite de la surface $S_{t'}$, et inversement.

(¹) Séance du 11 mai 1925.

La condition nécessaire et suffisante pour que la famille $\{S_t\}$ $(0 < t \leq 1)$ *soit équivalente à la famille des sphères concentriques est que pour des valeurs suffisamment petites, de* $|t - t'|$, *l'écart des surfaces* S_t *et* $S_{t'}$ *soit aussi petit que l'on veut. On peut alors transformer la surface* S_1 *et son intérieur en une sphère et son intérieur par une correspondance biunivoque et continue par laquelle les surfaces de la famille ont pour images les sphères concentriques.*

La démonstration très simple que j'en donne se sert du théorème de déformation dû à M. Tietze, relatif aux sphères de deux dimensions. Du théorème ci-dessus, je déduis la proposition suivante :

Soient S une surface fermée simplement connexe et Π_1, Π_2, ... des polyèdres simplement connexes intérieurs à S dont les écarts de S tendent vers zéro; il y a une transformation biunivoque et continue de S et de son intérieur en une sphère et son intèrieur.

De ce théorème, je tire le *théorème de déformation* pour le cas général de trois dimensions et aussi un *inverse du théorème de Jordan*, c'est-à-dire les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une surface puisse être transformée en une sphère par une transformation biunivoque et continue de l'espace en soi-même. La nature du dernier problème a été mise en évidence par des recherches profondes de M. Antoine qui a montré, parmi d'autres résultats importants, l'existence d'une surface simplement connexe dont l'intérieur a un ordre infini de connexion.

L'extension des résultats mentionnés au cas de plus de trois dimensions ne dépend que de la validité de certaines propositions, d'une nature élémentaire, concernant des polyèdres.

Pour revenir à l'étude des familles de surfaces, je définis la *régularité d'une famille de surfaces* (fermées ou non) en un point P par les conditions suivantes :

1° Le point P appartient à une seule surface de la famille; 2° il y a un voisinage V_P de P tel que si les régions r_1, r_2, ... situées sur des surfaces de la famille et entièrement dans V_P ont pour frontière chacune une courbe c_i simple et fermée, ces courbes convergeant vers un seul point Q de V_P, les régions r_1, r_2, ... convergent aussi vers le même point. Dans ce cas il y a un voisinage de P qui peut se transformer en un cube par une transformation biunivoque et continue, telle que les parties des surfaces de la famille, situées dans ledit voisinage, ont pour images des plans parallèles.

Je considère alors une famille régulière de surfaces dont je suppose qu'elle cesse d'être régulière seulement sur certaines lignes. Dans le voisi-

nage d'une ligne singulière, j'obtiens à l'aide d'une section normale une réduction à l'étude des courbes planes et, par conséquent, j'y trouve quatre types de régions singulières correspondant aux quatre types découverts par Poincaré pour les singularités dans le plan. Les sommets singuliers sont caractérisés par la nature des lignes singulières qui s'y rencontrent, mais il y en a un grand nombre de types différents. Enfin je considère, ce qui correspond aux cycles limites de la théorie de Poincaré, la nature asymptotique des surfaces ouvertes dans le voisinage d'une surface fermée.

Ayant la théorie des familles de surfaces, je passe à l'étude des *familles de courbes* pour lesquelles je caractérise la régularité par des raisonnements similaires. je fais correspondre à une famille de courbes deux sortes de familles de surfaces; l'une est celle introduite par Poincaré, de surfaces formées par des sections normales à la famille; l'autre est une famille de surfaces parallèles aux courbes de la famille considérée. Par l'une et par l'autre famille de surfaces coordonnées, la famille de courbes en question se caractérise entièrement.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Transformation asymptotique de M. Bianchi et courbe de M. Picard sur les surfaces réglées dont les génératrices appartiennent à un complexe linéaire.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Il est intéressant de confronter des résultats classiques obtenus par M. Picard, puis par M. Bianchi sur deux questions différentes (¹).

Supposons que les génératrices de la surface réglée Σ appartiennent au complexe linéaire H : en un point μ de la génératrice G, prenons le plan tangent P, puis le pôle μ_1 de P par rapport à H; μ décrivant G, μ_1 lui correspond homographiquement sur G et les points doubles M, M' de cette homographie décrivent, quand G varie sur Σ, la courbe de M. Picard, (M), (M') dont chaque branche (M) ou (M') est asymptotique sur Σ et appartient au complexe; le degré du total (M), (M)' est égal à la classe du même total et de plus à la classe de la section plane générale de Σ, quand Σ est algébrique.

On peut obtenir ce résultat par un procédé peut-être plus rapide : soit une surface quelconque S, réglée ou non; en un point *arbitraire* μ de S le

(¹) Picard, *Traité d'Analyse*, 1re édition, 1, 1901, p. 438-444. — Bianchi, *Rendiconti di Palermo*, 25, 1908, p. 291-325.

plan tangent à S et le plan polaire de μ sont distincts et se coupent suivant une droite $\mu\mu'$ tangente en μ à S et en μ' à la surface S′ polaire réciproque de S relativement à H. Les courbes de S tangentes en chacun de leurs points à la droite $\mu\mu'$ correspondante sont donc obtenues par une équation différentielle du premier ordre et du premier degré : appelons-les *traces* du complexe H sur S.

En général il existe un nombre *fini* de points ν remarquables sur S, relativement à H, où le plan tangent à S est aussi polaire de ν; il ne peut arriver que *tous* les points de S possèdent cette propriété, mais on peut choisir la surface S de façon qu'elle possède ∞^1 points de cette espèce, répartis sur une ou plusieurs courbes, dont chacune est évidemment asymptotique particulière de S (et aussi S′). Il serait intéressant d'étudier à ce point de vue les diverses surfaces algébriques de degré donné.

Appliquons ceci à une surface réglée Σ sans distinguer d'abord si les génératrices de Σ appartiennent ou non à H. Les équations paramétriques de Σ peuvent être prises sous la forme

$$(1)\qquad X = x + a\rho, \qquad Y = y + b\rho, \qquad Z = z + c\rho,$$

où x, y, z, a, b, c sont fonctions de la même variable u; écrire que la tangente à la courbe inconnue de Σ appartient au complexe donne immédiatement la relation

$$(2)\qquad U\,d\rho = (U_1\rho^2 + U_2\rho + U_3)\,du,$$

où U, U_1, U_2, U_3 sont des fonctions de u que je ne prends pas la peine d'expliciter davantage.

Premier cas. — Les génératrices de Σ appartiennent au complexe : U est identiquement nul, et l'on a la solution $du = 0$, correspondant aux génératrices, puis la solution remarquable indiquée plus haut

$$(3)\qquad U_1\rho^2 + U_2\rho + U_3 = 0$$

qui donne la courbe de M. Picard dont nous retrouvons ainsi toutes les propriétés.

Deuxième cas. — Les génératrices de Σ n'appartiennent pas au complexe : U n'est pas identiquement nul, les traces du complexe s'obtiennent donc par une équation de Riccati. Ceci se rattache d'ailleurs à une propriété plus générale; *soient, sur une surface Σ, ∞^1 courbes gauches γ telles que leurs tangentes aux points où elles rencontrent une même génératrice arbitraire* G

soient sur une quadrature Q : l'équation différentielle des courbes γ est réductible au type de Riccati et inversement.

Ici, tout le long de G, la droite $\mu\mu'$ engendre une quadrique Q se raccordant à S tout le long de G, à S' tout le long de la droite conjuguée G' de G relativement à H.

2. M. Bianchi appelle transformées asymptotiques l'une de l'autre deux courbes (M), (M'), entre lesquelles on peut établir une correspondance ponctuelle M, M' telle que la droite MM' soit l'intersection des plans osculateurs en M, et M' : sur une surface réglée Σ, les asymptotiques non rectilignes sont transformées asymptotiques les unes des autres et inversement.

Considérons maintenant un complexe linéaire H, une courbe (M) de ce complexe [on sait que si (M) est algébrique, elle a même classe et degré]. Soit (M') une autre courbe du complexe : à chaque point M de (M) associons l'un quelconque M' des points où le plan osculateur en M perce (M'); cette correspondance rend (M) et (M') transformées asymptotiques l'une de l'autre. De la sorte, on peut dire que toutes les courbes du complexe sont transformées asymptotiques de l'une d'entre elles, choisie une fois pour toutes et que, réciproquement, toutes les transformées asymptotiques d'une courbe appartenant au complexe sont purement et simplement les courbes du complexe.

La droite MM' qui vient d'être définie engendre une surface réglée Σ pour laquelle (M) et (M') constituent la courbe de M. Picard : le théorème de M. Picard revient donc à prouver que toute surface réglée dont les génératrices appartiennent à H est susceptible du mode de génération indiqué dans ce paragraphe. (M) et (M') peuvent d'ailleurs être ou non analytiquement distinctes; au cas où elles sont distinctes, algébriques de degré m et m', Σ est algébrique avec m' nappes se croisant suivant (M) et m suivant (M'). Si (M) et (M') coïncident, il faut que chaque plan osculateur de (M) puisse recouper (M), donc si (M) est algébrique et de degré m, que m surpasse 3; (M) est alors commune à $m-3$ nappes de Σ.

Dans un complexe linéaire H, on peut trouver une (et même une infinité) cubique gauche dont on exprimera les coordonnées x, y, z rationnellement en u; on peut mener par le point u, dans le plan osculateur, une droite G dont les paramètres directeurs a, b, c s'expriment rationnellement au moyen de u et d'une fonction arbitraire $\theta(u)$: sur la surface réglée Σ ainsi obtenue, la courbe de M. Picard comprend d'abord la cubique, puis une autre courbe obtenue par le calcul du numéro précédent et ceci suffit

pour retrouver ce résultat qu'on peut exprimer rationnellement en u, $\theta(u)$, $\theta'(u)$ les coordonnées du point courant de la courbe générale d'un complexe linéaire.

On remarquera que la théorie de la composition des transformations asymptotiques, imaginée par M. Bianchi, ne cesse de donner des courbes du complexe linéaire H dès que la courbe de début appartient à H.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions implicites périodiques et les solutions périodiques d'équations aux dérivées partielles.* Note de M. **R.-H. Germay.**

1. *Si les équations*

$$F_j(x_1, x_2, \ldots, x_n, z_1, \ldots, z_k) = 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots, k) \tag{1}$$

satisfont aux conditions du théorème des fonctions implicites en un point $x_1^0, \ldots, x_n^0, z_1^0, \ldots, z_k^0$ *et dans son domaine, si de plus les fonctions* F_j *admettent par rapport aux* x_s *les périodes* ω_s $(s = 1, 2, \ldots, n)$, *les racines holomorphes* $z_{j\infty}(x_1, \ldots, x_n)$ *des équations* (1) *admettent par rapport aux* x_s *les périodes* ω_s.

Les fonctions $z_{j\infty}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ sont les limites pour $\mu \to \infty$ des suites uniformément convergentes dont les termes se définissent de proche en proche par les formules bien connues

$$z_{j,\mu+1}(x_1, \ldots, x_n) = z_{j,\mu}(x_1, \ldots, x_n) - \sum_{p=1}^{p=n} \Delta_{pj}[F_p]_{z_s = z_{s\mu}} \qquad (j = 1, \ldots, k), \tag{2}$$

moyennant les valeurs initiales $z_{j0} = z_j^0$. De proche en proche, on vérifie immédiatement que les symboles $z_{j\mu}(x_1 + \omega_1, \ldots, x_n + \omega_n)$ ont un sens et qu'ainsi les fonctions $z_{j\mu}$ sont périodiques, de périodes ω_s par rapport aux x_s. Il en résulte que les $z_{j\infty}$ jouissent de la même propriété. D'autre part, les équations (1) ne changent pas par le changement de x_s en $x_s + \omega_s$. Les $z_{j\infty}$ sont donc bien des solutions périodiques des équations (1).

2. On a un énoncé analogue au précédent au sujet d'un lemme bien connu de Weierstrass.

Si la fonction $F(x_1, \ldots, x_n, z)$ *satisfait aux conditions du lemme de Weierstrass au point* $x_1 = \ldots = x_n = z = 0$ *et si elle admet par rapport aux* x_s *les périodes* ω_s *les fonctions holomorphes* b_j *et* K *intervenant dans la formule*

$$F(x_1, \ldots, x_n, z) = [z^p - b_1(x_1, \ldots, x_n) z^{p-1} - \ldots - b_p(x_1, \ldots, x_n)] K(x_1, \ldots, x_n, z) \tag{3}$$

admettent par rapport aux mêmes variables les périodes correspondantes.

Il suffit de se reporter au calcul, par approximations successives, des coefficients b et K ([1]), et d'appliquer le résultat du paragraphe 1 ci-dessus.

3. On obtient de même l'énoncé plus général ci-après relatif à un théorème de V. Leclercq :

Si les fonctions

$$F_j(x_1, \ldots, x_r; y_1, \ldots, y_n) \qquad (j=1, \ldots, n)$$

satisfont aux conditions du théorème de V. Leclercq au point

$$x_1 = \ldots = x_r = y_1 = \ldots = y_n = 0$$

et dans son domaine, et si elles admettent par rapport aux x_s les périodes ω_s, les coefficients des polynomes H *et les fonctions* K *intervenant dans les formules*

$$(4) \qquad F_j = K_{j1}H_1 + \ldots + K_{jn}H_n \qquad (j=1, 2, \ldots, n)$$

admettent par rapport aux mêmes variables les périodes correspondantes.

4. Équations aux dérivées partielles. — *Soit l'équation aux dérivées partielles*

$$(5) \qquad p_1 = f(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n)$$

et soit $Z(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ son intégrale de Cauchy se réduisant pour $x_1 = x_1^0$ à $\chi(x_2, \ldots, x_n)$. Si les fonctions holomorphes f et χ admettent par rapport à $x_2, \ldots, x_n$ les périodes $\omega_2, \ldots, \omega_n$, l'intégrale $Z(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ jouit de la même propriété. Si, de plus, la fonction f et l'intégrale du système différentiel des caractéristiques de Cauchy relatif à l'équation (5) ont, par rapport à x_1, la période ω_1 quand les valeurs initiales $z^0, p_2^0, \ldots, p_n^0$ sont liées aux valeurs initiales arbitraires $x_2^0, \ldots, x_n^0$ par les relations

$$(6) \qquad z^0 = \chi(x_2^0, \ldots, x_n^0), \qquad p_j^0 = \frac{\partial \chi}{\partial x_j}(x_2^0, \ldots, x_n^0) \qquad (j=2, 3, \ldots, n),$$

l'intégrale $Z(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ admet aussi, par rapport à x_1, la période ω_1.

En intégrant par la méthode des approximations successives de M. Picard le système différentiel des caractéristiques de Cauchy relatif à l'équation (5), nous obtenons, à telle approximation que nous voulons, les équations :

$$(7) \begin{cases} z_\infty(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) - \chi\,[x_{2\infty}(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, p_n), \ldots] = 0, \\ p_{j\infty}(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) - \dfrac{\partial \chi}{\partial x_j}[x_{2\infty}(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, p_n), \ldots] = 0 \\ \qquad (j=2, 3, \ldots, n), \end{cases}$$

([1]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2040.

définissant Z et les $\frac{\partial Z}{\partial x_j}$ comme fonctions implicites (¹). Dans les hypothèses actuelles, les premiers membres des équations (7) admettent par rapport à $x_2, \ldots, x_n$ les périodes $\omega_2, \ldots, \omega_n$; d'après le paragraphe 1, on a la première partie de l'énoncé. Si la périodicité relative à x_1 est réalisée dans les conditions du théorème, les équations

$$(8) \qquad X_{j_\infty}(x_1, t_1, \ldots, t_{n-1}) - x_j = 0, \qquad z = Z_\infty(x_1, t_1, \ldots, t_{n-1}) \text{ (}^2\text{)},$$

définissant l'intégrale par élimination des fonctions implicites $t_1, \ldots, t_{n-1}$, montrent que cette intégrale est périodique, de période ω_1, par rapport à x_1.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les ensembles projectifs de M. Henri Lebesgue.* Note (³) de M. N. **Lusin**, présentée par M. Émile Borel.

1. La théorie des ensembles analytiques présente une harmonie parfaite (⁴): tout ensemble analytique est ou dénombrable, ou bien a la puissance du continu; tout ensemble analytique n'est jamais un ensemble de troisième catégorie (nous appelons ainsi les ensembles *qui ne sont pas* Z de M. Lebesgue ou les ensembles *inexhaustibles non résiduels* de M. Denjoy); enfin, tout ensemble analytique est toujours mesurable.

Il n'y a là qu'une seule lacune importante : on ne sait pas si tout complémentaire analytique (c'est-à-dire le complémentaire d'un ensemble analytique) non dénombrable a la puissance du continu.

Les efforts que j'ai faits pour résoudre cette question m'ont conduit à ce résultat tout inattendu : *il existe une famille admettant une application sur le continu d'ensembles effectifs telle qu'on ne sait pas* et l'on ne saura jamais *si un ensemble quelconque de cette famille (supposé non dénombrable) a la puissance du continu, s'il est ou non de troisième catégorie, ni même s'il est mesurable.* D'ailleurs, cette famille contient celle des ensembles analytiques dont elle présente une généralisation très naturelle : c'est la famille des *ensembles projectifs* de M. H. Lebesgue. Il ne reste donc qu'à reconnaître la nature de ce fait nouveau.

(¹) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2225.
(²) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 685, formules (4) et (5).
(³) Séance du 18 mai 1925.
(⁴) Voir *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1318.

Soit, dans l'espace euclidien $\mathcal{E}$ à m dimensions, un système

$$S(x_1, x_2, \ldots, x_m)$$

d'axes rectangulaires quelconque, que nous supposerons immobile.

Par définition, un ensemble E de points dans l'espace $\mathcal{E}$ sera dit *analytique* s'il est le lieu des positions successives d'un point mobile

$$M(x_1, x_2, \ldots, x_m)$$

dont les coordonnées sont des fonctions *dénombrablement discontinues* d'un paramètre variable t définies dans le domaine $D = (0 < t < 1)$: $x_1 = f_1(t)$, $x_2 = f_2(t)$, ..., $x_m = f_m(t)$.

Comme toute fonction dénombrablement discontinue (c'est-à-dire discontinue seulement pour une infinité dénombrable de valeurs de la variable) est définie au moyen d'une infinité dénomblable d'éléments (1), il est clair que la famille $\mathcal{F}$ de tous les ensembles analytiques dans l'espace $\mathcal{E}$ (en faisant entrer en ligne de compte des répétitions) admet une application effective sur le continu. D'ailleurs, on sait, d'après la théorie des ensembles analytiques, que cette famille $\mathcal{F}$ contient tous les ensembles mesurables B situés dans l'espace $\mathcal{E}$ et une infinité d'autres qui ne sont pas mesurables B.

Mais un théorème bien plus remarquable et qui est une des plus importantes propositions de la théorie géométrique des ensembles analytiques est le suivant : *tout ensemble analytique dans l'espace euclidien $\mathcal{E}$ à m dimensions est la projection orthogonale d'un ensemble mesurable* B *située dans un espace euclidien $\mathcal{E}'$ à $m+1$ dimensions contenant l'espace $\mathcal{E}$*, et inversement *la projection d'un ensemble mesurable* B *est toujours un ensemble analytique*. C'est un théorème qui peut servir comme *définition* d'ensemble analytique.

2. On sait que les propriétés des ensembles analytiques ont attiré l'attention de M. H. Lebesgue qui a donné à la théorie des ensembles analytiques une extension considérable et, en même temps, extrêmement naturelle.

A l'époque où la théorie symbolique des ensembles analytiques fut formellement achevée, c'est-à-dire à l'époque des années 1916-1917, la proposition : *tout ensemble analytique est la projection d'un ensemble mesurable* B était démontrée, mais en réalité cette proposition ne jouait jamais un rôle essentiel dans cette théorie. Souslin et moi, nous n'attribuions aucune importance singulière à cette proposition en la regardant comme plus curieuse

(1) Voir E. Borel, *Leçons sur la théorie des fonctions*, 1re édition, Note III, p. 125.

qu'utile et, si elle était énoncée d'une manière explicite [1], on reconnaît aisément que c'est dans le but de dissiper quelques défiances de l'existence d'un ensemble non mesurable B : les ensembles mesurables B étant admis, l'admission d'un ensemble non mesurable B est obligatoire. Mais l'idée même de considérer la projection comme *opération* était étrangère à nous. C'est M. H. Lebesgue qui a signalé le grand intérêt théorique à étudier la projection, comme *une des opérations les plus simples et, en même temps, les plus importantes de Géométrie,* opération permettant de former des ensembles nouveaux *qu'on peut nommer* à partir d'ensembles effectifs déjà connus [2]. C'est suivant cette idée de M. H. Lebesgue qu'on obtient d'abord, à partir des ensembles *mesurables* B, tous les ensembles *analytiques* E; puis, à partir de leurs complémentaires CE, une classe nouvelle d'ensembles PCE d'une nature tout inconnue mais *qu'on peut nommer;* puis, à partir de leurs complémentaires CPCE, les ensembles nouveaux PCPCE *qu'on peut encore nommer, etc.;* ce sont les *ensembles projectifs de M. H. Lebesgue.*

Nous sommes conduits ainsi à une notion nouvelle : celle de *classe d'un ensemble projectif.* Pour fixer les idées, nous nous bornons au cas des ensembles *linéaires.*

Soit E un ensemble quelconque de points dans l'espace euclidien $\mathcal{E}$ à m dimensions, $m > 1$. Nous désignerons, dans ce qui suit, par CE le complémentaire de E relativement à $\mathcal{E}$, et par PE la projection orthogonale de E sur un espace euclidien $\mathcal{E}$, à $m-1$ dimensions situé dans l'espace $\mathcal{E}$.

Ceci étant établi, nous posons la définition suivante :

Nous dirons qu'un ensemble linéaire est un ensemble projectif de M. H. Lebesgue, de classe n, *s'il peut se mettre sous la forme*

$$\text{PC}\ldots\text{PE} \quad \text{ou} \quad \text{CPC}\ldots\text{PE},$$

où E *est un ensemble mesurable* B *situé dans l'espace euclidien à* $n+1$ *dimensions et où la lettre* P *alternant avec la lettre* C *est écrite précisément n fois, et si cela est impossible lorsque l'on remplace l'entier positif n par un nombre plus petit.*

Cette définition étant posée, on voit immédiatement que tout ensemble analytique, ou son complémentaire, n'est qu'un ensemble projectif de classe 1, et *vice versa*; donc la théorie des ensembles analytiques se confond avec la théorie des ensembles projectifs de M. H. Lebesgue. Cette remarque fait comprendre l'importance de la notion d'*ensemble projectif.*

---

(1) Souslin, *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 88.

(2) *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, 35, 1918, p. 242.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les écoulements des fluides avec et sans potentiel des vitesses. Application au tracé des aubes des turbines.* Note de M. **Eydoux**, présentée par M. G. Kœnigs.

I. Bauersfeld et Lorenz ont montré que, pour qu'il y ait échange d'énergie entre un fluide et une roue-turbine, le mouvement permanent du fluide dans la roue devait être rotationnel.

J'ai indiqué moi-même, dans une précédente Note, que la variation d'énergie en un point d'une roue en rotation uniforme est mesuré par le volume du parallélépipède construit sur les trois vecteurs u, v, T (u, vitesse d'entraînement; v, vitesse absolue du fluide; T, vecteur tourbillon).

II. L'existence du vecteur tourbillon dans tout mouvement permanent donnant lieu à échange ou variation d'énergie est un fait naturel absolument général. En effet, quand de l'eau s'écoule dans une conduite libre ou sous pression, la viscosité, dans le régime de Poiseuille, la turbulence et la rugosité des parois, dans le régime hydraulique, donnent lieu à des pertes de charge qui ont pour origine l'inégale répartition des vitesses dans une section transversale et cette inégale répartition donne au mouvement un caractère nettement rotationnel.

III. Toutes les fois qu'un fluide naturel est en mouvement permanent dans un espace de forme donnée, il tend à prendre le mouvement, compatible avec les conditions aux limites, qui donnera lieu aux pertes de charge minimum. Ce mouvement se rapprochera donc d'autant plus d'un mouvement irrotationnel, c'est-à-dire avec potentiel des vitesses, que le fluide sera moins visqueux et qu'il y aura moins d'obstacles opposés à son mouvement. Ce fait, vérifié par les expériences de M. Camichel, se constate nettement dans l'espace libre entre distributeur et roue qui existe dans les turbines rapides modernes.

IV. Ces remarques sont d'une application courante dans les turbomachines hydrauliques où l'on arrive à réduire beaucoup les pertes de charge proprement dites. On peut alors, pour les tracés pratiques, considérer ces pertes comme à peu près négligeables et supposer que le mouvement de l'eau, dans les régions où il n'y a pas transformation de l'énergie du fluide en énergie mécanique, est irrotationnel. Nous allons l'appliquer au mouvement giratoire (c'est-à-dire indépendant de l'azimut) permanent dans un espace de révolution autour de l'axe de ce mouvement.

Soient oz cet axe, r la distance d'un point à l'axe, z sa cote et θ son angle

azimutal mesurés à partir d'un plan et d'un méridien de référence; V_z, V_r et V_n seront les trois composantes de la vitesse suivant l'axe, le rayon et la perpendiculaire au plan méridien. Si la vitesse dépend d'un potentiel, on aura :

$$V_z=\frac{\partial\varphi}{\partial z},\qquad V_r=\frac{\partial\varphi}{\partial r},\qquad V_n=\frac{1}{r}\frac{\partial\varphi}{\partial\theta}.$$

Du fait que le mouvement est giratoire, c'est-à-dire que V_r, V_n et V_z sont indépendants de θ, on déduit aisément pour φ l'expression suivante :

$$\varphi(r, z, \theta)=\varphi_1(r, z)+a\theta,$$

a étant une constante dans tout l'espace de révolution.

On en déduit :

$$v_z=\frac{\partial\varphi}{\partial z},\qquad v_r=\frac{\partial\varphi}{\partial r},\qquad v_n=\frac{a}{r}.$$

Il en résulte, comme l'ont montré par une autre voie le professeur Prasil et les auteurs que nous avons cités, que les sections des surfaces de courant par un plan méridien sont indépendantes de la constante giratoire a et se conservent même si le fluide se dirige vers l'axe sans mouvement de rotation autour de lui, c'est-à-dire si le mouvement se fait suivant des plans méridiens.

Étant données les méridiennes des surfaces qui bornent l'espace de révolution et les conditions aux limites, on pourra tracer, par les procédés graphiques de Prasil, les fonctions de courant et les méridiennes des équipotentielles, non sans difficultés pratiques, toutefois; car la théorie suppose des mouvements s'étendant à l'infini sur des courbes bien continues et la construction pratique exige des courbes se raccordant à des lignes droites. Ces raccords défectueux donnent lieu à la formation de surfaces de discontinuité limitant des zones de mouvement tourbillonnaire.

V. Une fois tracées les fonctions de courant et les équipotentielles correspondantes, une mesure directe sur l'épure des espacements de ces diverses lignes donne la composante méridienne v_m de la vitesse; v_n est connu du fait que l'on connaît la constante giratoire. En composant v_m et v_n dans le plan tangent au cône de révolution engendré par la tangente à la fonction de courant, on obtient un élément de la trajectoire absolue et de proche en proche et d'une façon suffisamment exacte, cette trajectoire même.

VI. Nous avons montré précédemment que, dans l'échange d'énergie

dû à une roue-turbine, le tourbillon normal au plan méridien ne joue aucun rôle. Le mouvement dans ce plan doit donc être irrotationnel (voir III). Le réseau méridien déjà tracé subsistera donc, même s'il existe une roue dans l'espace de révolution. Or le théorème d'Euler [1] montre que la variation d'énergie dans une roue est mesurée par la variation de rv_n.

Si nous nous donnons une loi (que nous pourrons modifier suivant les cas) pour la variation de rv_n le long d'un filet, nous en déduirons v_n; v_m ayant la même valeur qu'auparavant, nous obtiendrons, par une opération semblable à celle déjà faite, la trajectoire absolue dans la roue. Les trajectoires relatives, situées sur les surfaces d'aubes, s'obtiennent en composant v_m et $v_n - u$.

On pourra d'ailleurs associer ces trajectoires de plusieurs façons de manière à réaliser des surfaces d'aubes diverses. Le choix à faire, ainsi que la loi de variation à adopter pour rv_n, ressortent alors tant de l'expérience, en vue de réduire les pertes de charge au minimum, que des nécessités de la construction.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la détermination dans un fluide incompressible du potentiel des vitesses dû à un tube-tourbillon.* Note [2] de M. **Boris Stetchkine**, présentée par M. d'Ocagne.

Nous allons, par une voie nouvelle, déterminer le potentiel des vitesses dans un fluide incompressible et infini, dans lequel se trouve le tube-tourbillon AB.

Montrons qu'il existe une surface équipotentielle s'appuyant sur le tourbillon AB. A cet effet, décomposons la vitesse en chaque point de la surface du tourbillon suivant la normale et la tangente à cette surface; soient v_n et v_t ces vitesses.

Partons d'un point A de la surface du tourbillon dans une direction perpendiculaire à v_t et astreignons-nous à ne pas quitter la surface du tube-tourbillon.

Dans ce cas nous resterons sur une surface équipotentielle, nous devrons faire le tour du tourbillon et retrouver le point A, puisque les vitesses en dehors du tourbillon satisfont à l'équation de Laplace et qu'il est impossible d'obtenir des nœuds ou de suivre une hélice.

---

(1) M. Rateau a généralisé ce théorème en y introduisant le rendement, mais nous négligerons ce facteur dans notre recherche actuelle de tracé.

(2) Séance du 18 mai 1925.

La trace suivie sur le tourbillon servira d'appui à la surface équipotentielle, qui seulement dans un cas particulier peut s'étendre à l'infini. En excluant ce cas, nous obtiendrons la surface équipotentielle ACB.

Cette surface, ainsi que celle du tourbillon, peuvent être considérées comme les limites finies du fluide incompressible s'étendant à l'infini, où les vitesses tendent vers zéro. En dehors du tourbillon et de la surface ACB le fluide occupera un volume à connexion simple; le potentiel sera monotrope et sa valeur changera brusquement en passant par la surface ACB.

D'après le théorème de Stokes, la différence des valeurs du potentiel sera

$$F_1 - F_2 = I, \tag{4}$$

I étant la circulation le long d'un contour embrassant le tourbillon.

On peut appliquer au fluide considéré le théorème de Dirichlet, d'après lequel le potentiel au point M est

$$F_M = \frac{1}{4\pi}\iint F \frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{1}{r}\right) d\sigma - \frac{1}{4\pi}\iint \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial n} d\sigma, \tag{5}$$

les intégrales doubles s'appliquant seulement aux limites finies du fluide, c'est-à-dire à la surface ABC et à celle du tourbillon.

Il est évident que, pour le tube-tourbillon, la valeur des intégrales est nulle; de même est nulle la seconde intégrale en ce qui concerne la surface ABC, puisque les valeurs de $\frac{\partial F}{\partial n} = v_n$ sont égales et de signe contraire pour les deux côtés de la surface ABC. La valeur de la première intégrale est

$$F_M = \frac{1}{4\pi}(F_1 - F_2)\iint \frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{1}{r}\right) d\sigma. \tag{6}$$

Il faut tenir compte du fait que du point M on voit la surface intérieure d'une moitié de la surface ABC et la surface extérieure de l'autre moitié de la surface ABC.

Étant donné que

$$\iint_{ABC} \frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{1}{r}\right) d\sigma = \theta \tag{7}$$

où θ est l'angle solide sous lequel on voit la surface ABC et le tourbillon du point M et en tenant compte de l'équation (4), nous trouvons

$$F_M = I\frac{\theta}{4\pi}, \tag{8}$$

ce qui est la formule bien connue.

PHYSIQUE. — *Appareil pour la mesure rapide de la tension superficielle à la surface de séparation de deux liquides. Influence de la température.* Note (1) de M. P. LECOMTE DU NOÜY, présentée par M. Charles Richet.

La mesure par les méthodes ordinaires (nombre de gouttes) de la tension superficielle à la surface de séparation de deux liquides peu ou non miscibles présente des inconvénients tels que nous avons cherché à l'obtenir rapidement par un instrument inspiré de celui qui nous a donné de bons résultats pour la mesure de la tension superficielle, et que nous avons décrit en 1919, sous le nom de *tensiomètre*. Cet appareil est fondé sur la méthode d'arrachement d'un anneau, mais l'effort d'arrachement est obtenu au moyen d'un fil de torsion agissant sur un levier, de sorte que les forces appliquées à l'anneau sont très progressives, et que la lecture peut se faire directement en dynes/centimètre, sur un cadran, à 0,05 dyne près.

Il suffisait, pour rendre cet instrument applicable à la mesure des tensions interfaciales, de fixer l'anneau à un support rigide, au lieu de le suspendre, de façon qu'on pût, non seulement exercer sur lui une force dirigée de bas en haut, mais aussi de haut en bas, sans qu'il perdît son horizontalité. Nous avons donc construit un appareil où l'effort de torsion, dans un sens ou dans l'autre, s'applique à un anneau de platine de 6 ou 12^{cm} de circonférence, par l'intermédiaire d'un parallélogramme articulé, très léger et équilibré. En agissant à la fois sur la table à crémaillère portant les liquides et sur la vis commandant la torsion, on produit la rupture sans que l'équipage se déplace, c'est-à-dire à la position de 0 du parallélogramme articulé. Quand on mesure la tension superficielle de l'eau au contact du bisulfure de carbone par exemple, de densité 1,25 ou du tétrachlorure de carbone de densité 1,60, il est bien évident qu'il faut pousser l'anneau vers le bas, puisque l'eau flotte sur ces liquides. Pour le toluène, l'éther, l'huile d'olive, etc., il faut au contraire l'immerger dans l'eau qui se trouve sous ces liquides et exercer l'effort de bas en haut.

Il n'était pas évident *a priori* qu'au contact des deux liquides l'anneau se comporterait comme à la surface air-liquide. On pouvait penser que l'adhésion de l'eau au platine serait différente dans certains cas, et que les lectures s'en ressentiraient. Il est d'ailleurs possible que cela soit vrai pour certains liquides. Néanmoins, dans la série de ceux que nous avons étudiés,

(1) Séance du 11 mai 1925.

les valeurs ont toujours été très proches des valeurs publiées par les meilleurs auteurs. Sauf pour quelques liquides (bisulfure de carbone, tétrachlorure de carbone, bromoforme, huile de vaseline), caractérisés par le fait que la différence entre leur tension superficielle et celle de l'eau est plus petite que la tension interfaciale au contact de l'eau, par la méthode des gouttes. Néanmoins l'accord est bon avec les chiffres de Quincke qui employait une méthode statique comme nous (cathétomètre). Il semble donc prouvé, jusqu'à nouvel ordre, que cette méthode, très simple, très rapide (1 ou 2 minutes par mesure) permette de mesurer avec une précision satisfaisante la tension interfaciale statique de deux liquides ou de deux solutions. Nous nous proposons de l'employer à l'étude de l'adsorption des colloïdes en fonction du temps.

Dans tous les cas, les valeurs mesurées sont celles des liquides saturés. Avant la saturation, les valeurs varient et ne signifient rien, surtout dans les cas où la solubilité est grande comme pour l'alcool amylique et l'éther par exemple. On sait que la tension superficielle des liquides au contact de l'air ou de leur vapeur diminue en fonction de la température. La bibliographie est très pauvre en ce qui concerne l'action de la température sur la tension interfaciale. Seul Harkins [1] l'a étudiée pour un certain nombre de liquides. Il ne mentionne ni le cas du bisulfure de carbone ni celui de l'éther éthylique. Nous avons donc expérimenté avec ces liquides, et quelques autres, et constaté que, de même que pour l'alcool octylique et l'heptaldéhyde, contrairement à ce qui se passe à l'air libre, la tension augmente en fonction de la température, c'est-à-dire que le coefficient de température de l'énergie superficielle libre est positif au lieu d'être négatif.

Lorsqu'on répète la même série de mesures à rebours, avec l'éther, par exemple, on obtient une courbe parallèle qui aboutit à la même valeur initiale. Le léger décalage entre les deux courbes montante et descendante provient de l'évaporation rapide de l'éther qui détermine une différence de température entre les deux couches liquides, la température réelle de la surface de séparation étant plus basse que celle qui est lue sur le thermomètre immergé dans les deux liquides.

---

(1) W.-D. Harkins, *Journal of the Am. Chem. Soc.*, 43, 1921, p. 35.

PHYSIQUE. — *Régime de concentrations établi par la diffusion latérale dans un courant de convection.* Note (¹) de M. **Stéphane Dombrowsky**, présentée par M. Jean Perrin.

Diffusion classique. — On étudie généralement la diffusion dans un liquide immobile. On tâche alors de supprimer les courants de convection (thermiques ou mécaniques), aussi bien dans les expériences de la « diffusion libre » par superposition des couches de la solution et du solvant que dans la diffusion à travers un diaphragme, composé de tubes étroits.

J'ai démontré, dans ce dernier cas, que le temps nécessaire pour obtenir un régime permanent de concentration dans un tube, où la chute de concentration est constante, peut être représenté par l'expression

$$t = \frac{h^2}{\pi^2 D} \operatorname{Log}\left(\frac{2}{\varepsilon}\right),$$

où h est la hauteur du tube, D le coefficient de diffusion, ε l'approximation voulue. Si la hauteur du petit tube est réduite à des grandeurs histologiques, la diffusion en régime permanent devient instantanée.

La diffusion généralisée ou astatique se produit lorsque la substance diffuse à travers les parois latérales d'un tube dans un courant de convection.

Prenons des tubes étroits de forme quelconque. Sur une partie de leur trajet, ils sont entourés par une solution de concentration constante. Les parois de ces tubes dans leur feutre tubulaire sont perméables aux molécules du corps dissous. A travers les tubes passe un courant de convection lent avec une vitesse uniforme. Dans ce cas, la veine liquide du solvant qui se meut à travers les tubes étroits, dès le moment de son entrée dans la portion des tubes entourée par le réservoir, chargé de la solution à concentration constante, commence à se saturer progressivement de la substance qui diffuse de l'extérieur à travers la paroi latérale à l'intérieur du tube.

Grâce aux différences de concentration entre les deux niveaux, à l'entrée et à la sortie du tube, on obtient un *flux de diffusion secondaire*, inverse au courant de convection. Avec le temps un *régime permanent de concentration* se forme. La concentration dans la tranche considérée de la veine liquide en mouvement est constante et indépendante du temps; elle reçoit autant de substance en aval du courant de convection qu'elle en envoie en amont avec le flux de diffusion secondaire.

Équation de la diffusion généralisée. — La quantité de substance qui

(¹) Séance du 11 mai 1925.

pénètre à travers la paroi latérale du tube (d'épaisseur h et de surface s) dans une tranche considérée est $-\frac{Ds}{h}\frac{\partial c}{\partial x}$.

A l'instant considéré le courant de convection apporte $c\beta f(x)$ de substance, où $\beta f(x)$ est la vitesse moyenne acquise sous l'influence de la force $f(x)$. Par la superposition de ces deux facteurs — diffusion latérale et convection du liquide — dans un temps Δt, pénètre dans la tranche élémentaire $\left(\text{où } \frac{s}{h} = 1\right)$:

$$\left[-\frac{Ds}{h}\frac{\partial c}{\partial x} + \beta c f(x)\right]\Delta t.$$

En calculant la quantité de substance qui pénètre dans la tranche élémentaire $x \ldots x + \delta x$ en unité de temps nous obtenons l'équation de la diffusion latérale d'une substance dans un liquide soumis à l'action d'une force extérieure :

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \beta\frac{\partial}{\partial x}[cf(x)].$$

Substituons à la vitesse moyenne variable $\beta f(x)$ une constante $(-v)$, soit la vitesse uniforme du liquide qui suit l'accroissement des concentrations dans la direction de la chute d'un corps. Nous obtenons alors

$$\text{(I)} \qquad \frac{\partial c}{\partial t} = D\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + v\frac{\partial c}{\partial x}.$$

C'est l'équation de diffusion généralisée de M. Smoluchowski appliquée à l'étude du mouvement brownien, soumis à l'action d'une force extérieure [1].

Diffusion en tubes coaxiaux. — Considérons un faisceau de tubes coaxiaux, dont le plus extérieur contient une solution à concentration constante, tandis que par les autres tubes passe un courant de convection du solvant. La chute de concentration lalérale $\frac{C-c}{h}$ (h épaisseur de la paroi du tube) entre deux tubes quelconques est constante dans une tranche élémentaire quelconque, choisie sur le parcours du faisceau des tubes. Dans ce cas l'équation de diffusion généralisée prendra la forme

$$\text{(II)} \qquad \frac{\partial(C-c)}{\partial t} = D\frac{\partial^2(C-c)}{\partial x^2} + v\frac{\partial(C-c)}{\partial x}.$$

---

(1) Smoluchowski *Annalen der Physik*, B. 48, 1915, p. 1103, et *Physik Zeitschr.*, 17, 1916, p. 557 et 585.

Solution de l'équation de diffusion généralisée. — Les conditions limites (1) et initiales (2) sont : 1 pour $x = 0$,

$$D \frac{\partial c}{\partial x} + v c = 0;$$

2 pour $t = 0$,

$$c = 0$$

sur tout le parcours du tube, sauf l'entourage du lieu x_0, où $c_0 = c\varphi(x)$ quand simultanément $\int_0^\infty \varphi(x)\,dx = 1$.

La solution de l'équation (I) est alors

$$\text{(III)} \quad = c\frac{1}{2\sqrt{\pi D t}}\left[e^{-\frac{(x+x_0)^2}{4Dt}} + e^{-\frac{(x-x_0)^2}{4Dt}}\right] e^{-\frac{v(x-x_0)}{2D} - \frac{v^2 t}{4D}} + \frac{v}{D\sqrt{\pi}} e^{-\frac{vx}{D}} \int_{\frac{x+x_0-vt}{2\sqrt{Dt}}}^{\infty} e^{-\beta^2}\,d\beta.$$

Quand le système fonctionne un temps suffisamment long ($t = \infty$) la solution générale se réduit à la forme

$$\text{(IV)} \qquad c = \frac{v}{D} e^{-\frac{vx}{D}}.$$

La concentration extérieure étant prise pour unité.

On obtient la concentration exponentielle croissante en aval du courant de convection.

C'est ainsi qu'un *phénomène astatique* — diffusion latérale dans un courant de convection — donne lieu à un *état statique :* équilibre stationnaire de concentration [1]. Il s'établit un *régime permanent de concentrations dans une veine de liquide en mouvement dans les conditions considérées.* Le libre jeu de ces conditions variables (concentration, vitesse de convection, débit) établit sans sauts brusques, mais d'une façon continue, une suite d'états *d'équilibre de concentration.* L'étude de ces régimes permanents est particulièrement importante dans le domaine physiologique.

---

(1) C'est aussi la loi de répartition d'une émulsion de grains homogènes (M. Smoluchowski, Einstein : théorie; J. Perrin et son école : vérification expérimentale).

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Étude de la propagation des ondes courtes.* Note (1) de M. M. Lardry, présentée par M. G. Ferrié.

La présente Note résume plus de 2000 heures d'observations ayant porté sur 3 ondes : l'onde de 450^m de l'École supérieure des P. T. T.; celle de 115^m de la Tour Eiffel; celle de 50^m de Casablanca, d'Issy-les-Moulineaux et d'un émetteur de bateau faisant le trajet France-Mexique.

Les observateurs d'ondes courtes s'accordent à dire qu'il y a de profondes différences dans la propagation des ondes de 500^m et de celles inférieures à 100^m. Les évanouissements affectant les ondes de 500^m n'existeraient pas sur les ondes de 100^m et moins. Les observations que je vais résumer concluent, au contraire, à l'identité de la propagation.

Les observations ont été faites au Mans.

Toutes précautions étaient prises pour rendre le récepteur parfaitement stable et les observations successives comparables entre elles. Les mesures étaient faites au téléphone shunté.

Station des P. T. T. — Onde de 450^m, distance émetteur-récepteur : 180^{km}.

Les graphiques obtenus (2) montrent qu'il y a deux types de variations à considérer, correspondant probablement à deux causes différentes.

Des oscillations très rapides et de grande amplitude (l'intensité de réception passe de 100 à 1000 en 15 secondes et même quelquefois en 5 secondes). Ces oscillations, je les classerai sous le nom de scintillation.

En traçant les courbes enveloppes de la scintillation, on reconnaît des variations très lentes d'intensité, analogues à une houle longue, l'affaiblissement pouvant durer plusieurs heures. L'audibilité moyenne atteint 1000 à la crête et tombe à 50 ou moins dans les creux.

La scintillation existe, le jour comme la nuit, mais les sautes d'amplitude sont, en général, moins profondes pendant le jour.

Quant à la houle, elle semble faire époque, c'est-à-dire qu'elle se produit tous les jours aux mêmes heures, pendant une période, puis subit un décalage brusque de plusieurs heures. C'est ainsi que le creux est apparu brusquement fin avril 1924, commençant tous les jours à $14^h 30^m$ pour céder la place à la crête à 20^h; il s'est produit aux mêmes heures jusqu'au 20 juin.

(1) Séance du 18 mai 1925.

(2) *Onde électrique*, 3, 1924, p. 409 et 502.

Pendant juillet, on le trouve à partir de 21^h, la crête se manifestant pendant le jour.

Donc, pendant le printemps de 1924, la réception a été plus faible pendant le jour, mais il y a eu en juillet un brusque renversement de régime, sans transition. Ceci est contraire aux idées généralement admises, d'après lesquelles les signaux sont toujours plus faibles de jour.

Ondes de 115^m *de la Tour Eiffel.* — Les émissions sur cette onde, assez régulièrement entendues en Amérique, sont souvent imperceptibles au Mans, d'autres fois elles sont au contraire reçues très fortement.

Elles donnent également lieu au phénomène de scintillation, mais celle-ci est beaucoup plus rapide qu'avec les ondes de 450^m, à tel point qu'elle se traduit souvent par la disparition de simples points ou traits dans la manipulation.

Un phénomène particulièrement frappant est celui d'une variation apparente, continuelle, de la longueur de l'onde reçue, variation qui n'est pas observée par les Américains.

Ondes de 50^m *du* Jacques-Cartier. — Voyage Havre-Mexique, émission à 16^h15^m, 18^h40^m, 20^h15^m T. M. G. Coucher du soleil sur le récepteur le jour du départ : 17^h20^m, le jour du retour : 18^h30^m.

Les premiers jours l'audibilité très puissante est la même pour les trois émissions; elle décroît quand la distance augmente. A 2000^{km}, je cesse brusquement d'avoir l'émission de 16^h et à 3500^{km}, je perds tout contact. Au retour je reprends le contact à 20^h à 4500^{km}, à 18^h à 3500^{km} et à 16^h à 2000^{km}. Il est à remarquer que, malgré le retard de l'heure du coucher du soleil, le contact a été repris à des distances au moins égales à celles pour lesquelles il avait été perdu.

La reprise de contact s'est effectuée d'une façon très brutale.

J'attendais depuis 20^h15^m sur l'onde annoncée, lorsqu'à 20^h20^m en plein texte, l'émission est apparue, faible (audibilité 200) puis a crû rapidement; 10 minutes après, l'audibilité atteignait 1500.

Sur cette onde, scintillation rapide et profonde, et houle très marquée. En mars, le creux s'est manifesté pendant le jour.

Ondes de 50^m *de Casablanca.* — Distance : 1700^{km}; l'heure de l'émetteur est en avance de 30 minutes. En mars, avril, mai, ce poste a émis tous les jours à 8^h30^m, 14^h30^m et 19^h30^m.

Je n'ai jamais pu l'entendre à 14^h. L'admission de 8^h30^m bonne en mars, a diminué progressivement d'intensité pour s'éteindre dans les premiers jours d'avril. L'émission de 19^h30^m est toujours aussi puissante (audibilité

de 1500 à 2000), bien qu'actuellement il fasse jour sur le trajet Casablanca-le Mans.

Scintillation très nette et houle bien marquée.

Ondes d'Issy-les-Moulineaux. — Ce poste fait tous les jours des émissions simultanées de très longue durée sur plusieurs ondes de longueurs voisines de 50^m.

En janvier, février et mars, la réception très puissante de jour a été nulle toutes les nuits. L'extinction très brutale des ondes de 50^m (l'audibilité passant de 2000 à 50 en 3 minutes) a eu lieu en janvier avant le coucher du soleil; en février et mars, 2 à 3 heures après; en avril, 4 et quelquefois plus de 7 heures après.

Brusquement en avril la réception de jour, jusqu'alors puissante, s'est annulée et actuellement il y a extinction presque complète entre 9^h et 16^h.

Dans le même temps la réception sur 48^m est restée bonne. Des graphiques traduisant les variations d'audibilité sont identiques de forme mais décalés, l'onde de 48^m étant en avance de 2 heures sur celle de 50^m.

Les phénomènes sont de même nature avec deux ondes de 50 et de 49^m; puis de 50 et de $49^m,50$; mais le décalage diminue, il n'est plus que de 20 minutes entre ces deux dernières.

Le phénomène de scintillation me paraît dû à la très basse atmosphère : en effet en faisant fonctionner un émetteur de puissance très faible et très stable, j'ai constaté une scintillation très nette à une distance de 1^{km} seulement.

RADIOACTIVITÉ. — *Remarques sur l'origine de la radioactivité.*
Note [1] de M. E. Briner.

L'origine des causes qui provoquent la destruction des éléments radioactifs, c'est-à-dire la radioactivité, a rencontré certaines difficultés d'interprétation [2].

Deux théories explicatives ont été proposées. La théorie classique est celle de l'atome spontanément explosif. Lorsqu'à l'intérieur de l'atome, un ensemble de conditions est réalisé par suite d'un hasard, — un hasard interne suivant l'expression de H. Poincaré, — l'atome radioactif perd sa stabilité et se transforme en dégageant les colossales quantités d'énergie

[1] Séance du 18 mai 1925.

[2] Sur l'exposé de ce problème, cf. notamment Becquerel, *La Radioactivité*, Paris, 1924.

que l'on sait (3,7 millions de calories par gramme de radium désintégré en plomb et hélium). Mais cette émission intense d'énergie, lors de la destruction de l'atome, est ou paraît être inconciliable avec l'un des fondements des conceptions atomistiques actuellement admises : la synthèse prodigieusement exothermique des éléments à partir de leurs constituants primordiaux (protons et électrons).

Cette contradiction, apparente ou réelle, est levée par l'interprétation que J. Perrin a développée comme extension de sa théorie radiochimique des éléments chimiques. D'après ces vues, les dédoublements atomiques ne seraient exothermiques qu'en apparence; à l'instar des destructions moléculaires, ils seraient non seulement provoqués par les radiations, mais ils recevraient en outre l'énergie qu'ils mettent en œuvre de ces radiations mêmes, dont les fréquences devraient alors être très élevées (de l'ordre de 10^{21} selon les calculs de J. Perrin). Cependant, comme un contrôle expérimental ([1]) n'a pas apporté à J. Perrin une vérification catégorique de la non-spontanéité de la radioctivité, le problème reste incomplètement élucidé.

Pour contribuer à le résoudre, nous voudrions attirer l'attention sur un point, qui, à notre connaissance du moins, n'a pas été suffisamment pris en considération, savoir que l'atome, tout en étant de formation prodigieusement exothermique, doit pouvoir encore donner lieu à des transformations fortement exothermiques.

Cette proposition découle directement des phénomènes présentés par la destruction des molécules chimiques; celles-ci en effet forment des complexes d'atomes, qui, vis-à-vis d'actions énergétiques modérées, laissant les atomes intacts, sont comparables par bien des côtés aux atomes eux-mêmes, édifices complexes aussi vis-à-vis d'actions beaucoup plus puissantes. Or, ainsi que nous l'avons relevé ([2]), la molécule chimique est fortement exothermique à partir des atomes; elle se détruit en systèmes plus simples par des transformations qui peuvent être elles-mêmes exothermiques.

Exemple. — La molécule-gramme d'ozone ([3]) dont la formation à partir

---

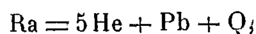
([1]) J. PERRIN, *Notice sur ses travaux scientifiques*, p. 90.

([2]) E. BRINER, *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 1149; 157, 1913, p. 280. Mémoires détaillés. *J. Ch. phys.*, 12, 1914, p. 109, et 13, 1915, p. 465.

([3]) L'ozone est un corps classé comme endothermique, mais l'endothermicité des composés provient, comme on l'a montré dans les publications ci-dessus indiquées, de ce que l'on considère généralement leur chaleur de formation à partir des molécules d'éléments; à partir des atomes, ces composés redeviennent fortement exothermiques conformément à la règle.

des atomes est très exothermique (148^{cal}) dégage 32^{cal} en se transformant en molécules oxygène O^2; la molécule de nitroglycérine dont la chaleur de formation à partir des atomes est de 1680^{cal} fournit 360^{cal} par sa destruction explosive en molécules CO^2, H^2O, N^2 et O^2 (¹).

Si nous considérons maintenant à ce même point de vue la désintégration complète du radium, l'équation qui la représente thermochimiquement :



$$Ra = 5\,He + Pb + Q;$$

n'implique pas, malgré le dégagement énorme d'énergie ($Q = 830$ millions de calories), que la formation de l'atome de radium à partir de ses constituants primordiaux soit endothermique, mais simplement que cette formation, qui doit être colossalement exothermique, l'est cependant moins (de Q calories) que celle du système $5\,He + Pb$.

Il n'y a donc pas incompatibilité entre l'atome radioactif, de destruction si riche en énergie, et l'atome de formation exothermique, imposée par les doctrines atomistiques modernes. La cause qui provoque la transformation, hasard interne (théorie classique) ou radiation (J. Perrin), et qui reste imprécisée, n'a donc pas à fournir l'énergie mise en œuvre, celle-ci étant à disposition dans l'atome même.

Les transformations intra-atomiques avec libération d'énergie ne sont d'ailleurs pas limitées aux atomes radioactifs. Dans la désintégration des atomes Al et P, réalisée par Rutherford, les noyaux H produits possèdent une énergie supérieure à celle qui est apportée par l'agent de désintégration, les particules α. Les atomes des divers éléments présentent donc, selon les remarques de G. Urbain (²), tous les degrés de stabilité; en cela ils sont comparables aussi aux molécules chimiques.

D'autres rapprochements se présentent encore à l'esprit entre l'évolution des molécules et l'évolution des atomes, notamment : la participation, si souvent constatée, d'une même espèce moléculaire à plusieurs réactions simultanées de destruction, correspond au phénomène des bifurcations radioactives; la libération très fréquente dans les molécules, particulière-

(¹) Pour le mode de calcul des chaleurs de formation à partir des atomes, voir mes publications citées plus haut; des données résultant de travaux plus récents ont été utilisées comme chaleurs de formation, à partir des atomes, des molécules-grammes des corps suivants : N^2(200^{cal}), O^2(120^{cal}), H^2O(213^{cal}), CO^2(390^{cal}).

(²) G. Urbain, *Les notions fondamentales d'élément chimique et d'atome*, Paris, 1925, p. 109.

ment les molécules organiques, de groupements très stables et fortement exothermiques (tels H^2O dans les condensations internes) est comparable à la libération, dans les transformations atomiques, de l'atome d'hélium, groupe prodigieusement exothermique à partir de ses constituants ultimes (¹).

RADIOACTIVITÉ. — *Contribution à l'étude de l'isotopie du plomb.* Note (²) de Mlle **Berthe Perrette**, présentée par M. Deslandres.

La présente Note résume les résultats obtenus dans l'étude comparative d'un plomb d'origine radioactive et d'un plomb ordinaire, extrait de la galène, au point de vue de la densité et du spectre lumineux. Plusieurs recherches ont été faites antérieurement à l'étranger (³) en vue de mettre en évidence de petites différences possibles de longueurs d'ondes entre les raies correspondantes émises par des atomes isotopiques. Les résultats obtenus, en général positifs, ne semblent pas tout à fait concordants d'un auteur à l'autre, et même entre les différentes expériences d'un même auteur (Merton).

La raie λ 4058 du plomb a été spécialement étudiée par Aronberg sur un plomb de la carnotite australienne de poids atomique 206,310 et par Merton sur divers plombs de la thorite, de la pechblende et de la carnotite. Les autres raies principales du plomb n'ont encore été étudiées que par Merton sur un plomb de la carnotite dont il ne donne pas le poids atomique.

Les mesures de densités des plombs isotopiques ont surtout été faites par Richards et Wadsworth (⁴) sur le plomb de la carnotite australienne

(¹) Selon les calculs de J. Perrin (*Atomes et éléments*, Rapport publié par l'Institut Solvay, 1921, p. 74), la formation de l'atome-gramme de He à partir de H dégage près de 700 millions de grandes calories. La formation, à partir de l'hydrogène, de la quantité d'hélium libérée dans la transformation intégrale de l'atome-gramme de radium, en dégagera donc cinq fois autant, soit à peu près quatre fois plus que l'énergie fournie par cette transformation. On se rend compte par ces chiffres de l'énormité de l'énergie disponible dans l'atome, dont une partie seulement apparaît lors de son évolution.

(²) Séance du 18 mai 1925.

(³) Aronberg, *Astrophys. Journ.*, 47, 1918, p. 96. — Merton, *Proc. Roy. Soc.*, 91, 1915, p. 198; 96, 1920, p. 388; 100, 1921, p. 84.

(⁴) Richards et Wadsworth, *J. Am. Chem. Soc.*, 38, 1916, p. 2613.

de poids atomique 206,3 et de la clévéite de Norvège de poids atomique 206,08, et par Soddy sur le plomb de la thorianite.

J'ai fait des mesures analogues sur un échantillon de plomb extrait de la pechblende du Haut-Katanga (Congo belge) mis à ma disposition par Mme Curie et dont le poids atomique, déterminé récemment (1) par voie chimique, est 206,14. Le poids atomique du plomb ordinaire, généralement adopté, est 207,20.

1° *Mesures de densités.* — Le plomb étudié a été purifié chimiquement par les méthodes ordinaires, puis libéré à l'état métallique par réduction de l'oxyde par l'hydrogène. Le plomb pur obtenu était ensuite fondu, puis martelé légèrement avec un marteau de bois pour éliminer les bulles. On a purifié et transformé en lingot 36g,128 de plomb de la pechblende, et, par un traitement analogue, 38g,475 de plomb commun de la galène.

Les densités ont été déterminées sur ces deux lingots par la méthode du flacon, à 0°, par rapport à l'eau à la même température. Les résultats obtenus comme moyenne de 10 mesures par échantillon ont été :

Pb commun....................	$d_0 = 11,336_{(3)} \pm 0,0004$
Pb pechblende................	$d_0 = 11,278_{(4)} \pm 0,0004$

Remarque. — Ces résultats, rapprochés de ceux obtenus pour le poids atomique, vérifient avec un très bon accord la loi de constance du volume atomique pour les éléments isotopiques :

Poids atomique.	Densités.	Volumes atomiques.
207,20......................	$11,336_3$	18,2776
206,14......................	$11,278_4$	18,2774

2° *Étude des spectres lumineux.* — La source de lumière utilisée pour la production du spectre du plomb est l'arc à cathode incandescente dans le vide, antérieurement décrit (2). Les mesures de longueur d'onde ont été faites à l'aide de l'étalon interférentiel Fabry et Perot par mesure des diamètres des anneaux formés par les raies correspondantes de deux isotropes. On a cherché tout particulièrement à exciter les spectres à comparer dans des conditions de pression et de régime électrique aussi semblables que possible, en utilisant deux tubes à vide identiques en relation avec la même canalisation de vide, et un système de miroirs permettant d'envoyer à volonté la lumière de l'un ou l'autre plomb sur l'appareil interférentiel.

(1) H. Brennen, *Thèse*, Paris, 1925.

(2) Berthe Perrette, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 876.

On procédait ainsi par clichés alternés et rapportait les mesures d'anneaux à une épaisseur de l'étalon rigoureusement identique pour les systèmes correspondant aux deux espèces de plomb. On a également cherché, par l'emploi d'un étalon à couronnes d'invar, à éliminer les corrections dues aux petites variations d'épaisseur optique de l'étalon avec la température, qui eussent été susceptibles d'entraîner des erreurs trop considérables, vu l'extrême petitesse de l'effet isotopique sur les spectres.

On a utilisé un étalon de 10^{mm} d'épaisseur avec les raies λλ 4058, 3740, 3684 et un étalon de 5^{mm} d'épaisseur pour les raies λλ 3640, 3573.

Résultats. — Toutes les raies ont donné une différence dans le même sens avec accroissement de la longueur d'onde en faveur du plomb de poids atomique moindre (plomb d'urane). Le tableau suivant indique, dans la colonne $d\lambda$, la différence des longueurs d'onde : λ du plomb d'urane — λ du plomb ordinaire, pour chacune des raies étudiées.

λ.	$d\lambda$ (en Åu).	Nombre de mesures faites.
4058	0,0076 ± 0,0008	7
3740	0,0070 ± 0,0008	3
3684	0,0073 ± 0,0008	3
3640	0,0072 ± 0,0010	3
3573	0,0068 ± 0,0010	5

Malgré l'apparente décroissance de $d\lambda$ avec la longueur d'onde, on ne croit pas que la précision des mesures permette de croire à une relation de ce genre. Il serait intéressant de poursuivre des mesures dans l'ultraviolet, mais la précision des mesures diminue en même temps que les difficultés techniques augmentent.

On remarquera aussi que toutes les raies étudiées sont des raies d'arc, émises par l'atome neutre, et qu'il serait intéressant d'étudier l'effet isotopique sur des raies émises par l'atome ionisé (raies d'étincelle).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les particules de long parcours émises par le dépôt actif du thorium.* Note de M. **Nobuo Yamada**, présentée par M. Jean Perrin.

Rutherford et Wood [1] ont trouvé par la méthode de scintillation que le dépôt actif du thorium émet un groupe de particules ayant un parcours

[1] Rutherford et Wood, *Phil. Mag.*, **31**, 1916, p. 379; Wood, *Phil. Mag.*, **41**, 1921, p. 575.

de $11^{cm},3$ dans l'air à 760^{mm} de pression et à 15° C., dans la proportion de 1,5 pour 10000 particules α de $8^{cm},6$ de parcours du thorium C′. Rutherford [1] a mesuré le rapport de la charge à la masse, et il a trouvé la même valeur que pour les particules α. Bates et Rogers [2] ont repris cette question, et ils ont déterminé trois groupes de particules α de long parcours, $11^{cm},5$, $15^{cm},0$ et $18^{cm},4$ dans l'air à 760^{mm} de pression et à 15° C., dans la proportion de 220, 47 et 55 respectivement pour 10^6 particules α de $8^{cm},6$ de parcours du ThC′.

J'ai recommencé ce travail en employant l'appareil à gaz comprimé, décrit récemment par Mlle Curie et moi [3]. Le dépôt actif du thorium est déposé sur une surface métallique circulaire de 3^{mm} de diamètre, chauffée auparavant environ à 700° C. dans le vide, en l'exposant sous tension au-dessus d'une forte préparation de radiothorium. La surface activée est ensuite chauffée environ à 300° C. dans le vide, et on la place dans l'appareil à la distance de 2^{cm} de l'écran au sulfure de zinc; de l'anhydride phosphorique dessèche le gaz ambiant. On emploie le gaz carbonique comprimé comme écran et l'on détermine le nombre de particules pour diverses pressions de gaz; on exprime en centimètres d'air équivalent l'absorption subie par les rayons entre la source et l'écran.

A cause de la présence des rayons β et γ du Th(B + C), l'écran au sulfure de zinc est un peu lumineux; sur ce fond éclairé, des scintillations d'intensité très faible ne peuvent être decelées.

Pour des pressions de gaz supérieures à celle qui correspond à un pouvoir absorbant équivalent à $11^{cm},5$ d'air on n'aperçoit qu'un petit nombre de scintillations qui sont dues à la contamination de l'appareil. Si l'on diminue la pression, les particules commencent à apparaître, elles augmentent très vite en nombre et en luminosité; pour $10^{cm},5$ d'épaisseur d'air équivalente leur luminosité devient comparable à celle de particules α de $8^{cm},6$ de parcours observées pour le même parcours restant, et leur nombre reste constant de $10^{cm},5$ à $8^{cm},6$. On trouve le même groupe de particules avec trois sortes de métaux employés comme supports : le nickel, l'argent et l'or. L'extrapolation de la courbe de variation du nombre des particules avec l'épaisseur d'air équivalente donne $11^{cm},5$ pour le parcours. Une expérience faite avec une source très faible montre que le nombre de particules α

---

(1) *Phil. Mag.*, 41, 1921, p. 570.
(2) *Proc. Roy. Soc.*, 105, A, 1924, p. 97.
(3) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1487.

de $8^{cm},6$ de parcours décroît à peu près de la même manière à la fin du parcours.

On doit conclure de ces résultats que le dépôt actif du thorium n'émet qu'un groupe de particules α de parcours $11^{cm},5$ en plus des rayons α ordinaires. Les deux autres groupes de particules trouvés par Bates et Rogers sont peut-être des rayons d'hydrogène émis par lesmatières employées dans leurs expériences à cause du bombardement des particules α du dépôt actif.

On a mesuré le rapport $\frac{n_{11.5}}{n_{8.6}}$ du nombre de particules de long parcours au nombre de particules α de parcours ordinaire par deux méthodes : 1° On compte, comme Rutherford et Wood l'ont fait, le nombre de particules α de parcours ordinaire après avoir laissé la source décroître pendant quelques jours (on admet que la source décroît suivant la période du ThB); 2° on mesure indirectement, au moyen de l'appareil à secteur de Mlle Curie (¹), le courant de saturation qui correspondrait à l'ionisation totale produite par la source de rayonnement; d'autre part, on compte le nombre de particules α de parcours ordinaire provenant d'une source faible de dépôt actif de la même forme et de la même dimension, placée de la même manière par rapport à l'écran, et l'on mesure directement l'ionisation totale produite par les particules α de cette source.

Le rapport de l'activité des sources, joint au rapport du nombre de particules de long parcours de la source forte au nombre de particules α de parcours ordinaire de la source faible permet de calculer le rapport $\frac{n_{11.5}}{n_{8.6}}$. Si l'on emploie la première méthode, on doit vérifier que l'activité de la source décroît conformément à la loi prévue par la période du ThB : j'ai constaté, par des numérations de particules de long parcours, que le dépôt actif décroît régulièrement au début, mais quand la source devient très faible, la décroissance (mesurée par des numérations des rayons α ordinaires) devient trop lente pour la plupart des sources, ce qui tient à la présence d'une petite quantité du ThX; on trouve alors un nombre trop faible pour le rapport $\frac{n_{11.5}}{n_{8.6}}$.

Pour deux sources sur l'or dont on a vérifié la décroissance régulière, on trouve 2,74 et 2,83 particules de long parcours pour 10000 particules α de $8^{cm},6$ de parcours. Par la deuxième méthode, on obtient 3,11 (argent), 2,67 et 3,37 (or) pour les sources sur l'argent et sur l'or.

On voit que les valeurs trouvées par les deux méthodes différentes con-

---

(¹) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1462.

cordent très bien entre elles, et concordent aussi à peu près avec la valeur 2,2 trouvée par Bates et Rogers par la méthode de la fente tournante. Quant à la valeur trouvée par Rutherford et Wood, elle est plus faible, peut-être à cause de l'irrégularité de décroissance de l'activité de la source.

On peut admettre en moyenne 2,9 particules de longs parcours pour 10000 particules α de $8^{cm},6$ de parcours.

Quand on emploie une source très forte qui émet environ 100 particules de longs parcours par minute, on aperçoit quelques scintillations très faibles pour une absorption supérieure à $11^{cm},5$. Ce sont probablement des rayons d'hydrogène; mais à cause de la luminosité générale de l'écran au sulfure de zinc on ne peut pas les compter exactement. Un appareil permettant de dévier les rayons β avec un champ magnétique servira à déterminer leur nombre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'absorption de la vapeur d'eau et de quelques autres vapeurs par la surface du verre.* Note de M. **d'Huart**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons publié précédemment en collaboration avec M. Hackspill (¹) une méthode d'analyse élémentaire dans laquelle l'hydrogène de l'eau provenant de la combustion d'une substance organique était mis en liberté par la réaction quantitative suivante :



$$CaH^2 + 2H^2O = Ca(OH)^2 + 2H^2$$

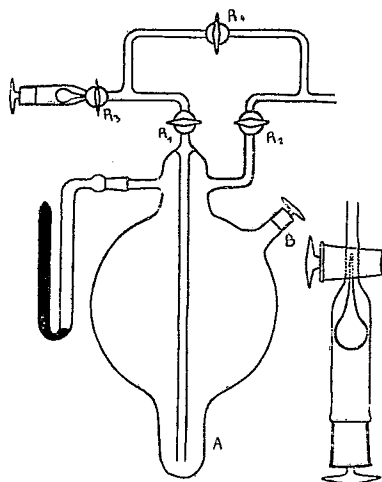
et le gaz dosé par mesure de son volume.

Nous avons pensé que cette méthode très sensible serait applicable au dosage de l'humidité contenue dans le gaz, mais le volume d'hydrogène recueilli est toujours plus petit que celui indiqué par le calcul. Ces faits sont imputables à l'absorption de la vapeur d'eau par la surface du verre.

Nous avons institué toute une série d'expériences destinées à mesurer avec précision ce phénomène. L'appareil construit en verre de Thuringe consiste en une sorte de gros barboteur sphérique d'une capacité de 1000 à 1500^{cm^3} jaugé à $\frac{1}{10}$ de centimètre cube près jusqu'aux robinets R_1 et R_2, présentant à sa partie inférieure un renflement A susceptible d'être introduit dans une éprouvette de Dewar. La pression est indiquée entre 0 et 10^{cm} par un manomètre fixé à l'aide d'un rodage.

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 35, 1924, p. 799.

La tige de ce manomètre est graduée en volumes égaux permettant de tenir compte des changements de volume résultant du déplacement du mercure. Le robinet R_1 et le tube situé à sa gauche sur la figure d'ensemble et à une plus grande échelle sur le côté droit servent à l'introduction d'un



poids m d'eau pesée dans une ampoule scellée dont la pointe est brisée par rotation de la clef du robinet après qu'un vide au millième de millimètre a été fait (1). R_1 et R_3 étant ouverts, R_2 et R_4 fermés, l'eau est condensée en A par refroidissement à $-80°$. R_1 est alors fermé et tout l'appareil placé dans un bain à température constante. Le manomètre indique alors une pression h inférieure à H calculée d'après le volume de l'appareil.

A la pression h correspondrait le poids m' d'eau s'il n'y avait pas d'adsorption et la différence $m - m'$ indique le poids adsorbé par la surface interne de l'appareil. Cette quantité varie peu avec la température entre 14 et 24°, elle est sensiblement proportionnelle :

1° A la surface du verre qu'il est facile de faire varier en introduisant par l'ouverture B de petits tubes soigneusement mesurés;

2° A la pression de la vapeur; du moins entre 5^{mm} et la tension de saturation, car dans le vide le plus poussé que l'on puisse obtenir en présence d'anhydride phosphorique il adhère toujours au verre, même après plusieurs heures, un poids d'eau de l'ordre de $0^{mg},009$ par décimètre carré.

Avec des vapeurs autres que l'eau, l'adsorption est beaucoup plus faible,

(1) Un dispositif analogue a été utilisé par MM. L. Hackspill et A. Couder (*Compte rendu du IIIe Congrès de Chimie industrielle*, Paris, 1923, p. 404).

souvent non mesurable; c'est le cas pour l'alcool, le chloroforme, le benzène et le toluène.

L'appareil que nous venons de décrire peut donc servir à doser rapidement l'humidité dans les gaz, l'hydrogène dans les substances organiques après combustion ou à déterminer la densité de vapeur des liquides très volatils.

Les résultats obtenus pour ces dernières mesures sont beaucoup plus précis que ceux fournis par la méthode de Victor Meyer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches magnétochimiques sur la formation des chaînes fermées et des groupements nucléaires dans les composés organiques.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La sensibilité de l'analyse magnétochimique rend intéressante l'étude de la désaturation progressive de la molécule, qui aboutit, pour adopter le langage habituel, à l'introduction de liaisons multiples ou à la formation de noyaux. Nous donnons ci-dessous les susceptibilités moléculaires χ_m de composés contenant presque tous un groupe $C^{6-p}N^p$ qui constitue, soit le squelette d'une chaîne ouverte ou fermée, soit un groupement nucléaire; Δ représente le degré de désaturation apporté par les liaisons particulières du radical $C^{6-p}N^p$, λ est le terme de correction à apporter aux formules d'additivité du diamagnétisme.

Δ.		$10^7.\chi_m$.	$10^7.\lambda$.
2.	Hexène C^6H^{12}	— 657	+ 54,5
2.	Cyclohexane C^6H^{12}	— 682	+ 30
2.	Acide hexahydrobenzoïque	— 831	+ 33
2.	Cyclohexanol $C^6H^{11}.OH$	— 728	+ 30
4.	Diméthyl-2.4-hexadiène	— 787	+103
4.	Cyclohexène C^6H^{10}	— 584	+ 69
4.	Cyclohexénol C^6H^9OH	— 641	+ 76
4.	Terpinéol $CH^3.C^6H^8.COH(CH^3)^2$	—1119	+ 71
6.	Diméthyl-2.4-nonatriène	—1088	+ 99
6.	Cyclohexadiène $\Delta_{1.3}$	— 486	+108
6.	Cyclohexadiène $\Delta_{1.4}$	— 487	+107
8.	Benzène C^6H^6	— 550	+ 14,5

	Squelette :	$10^7.\chi_m$.	$10^7.\lambda$.
2.	Azoïques — N = N —.............	"	+ 18
2.	Bases de Schiff C = N.............	"	+ 82
2.	Pipéridine C^5N..................	— 642	+ 36
2.	Pipérazine C^4N^2..................	— 568	+ 75
4.	Aldazines C = N — N = C.........	"	+102
4.	Cinnamylidène-aniline C=C—C=N.	—1232	+123
6.	Diphényldihydrotétrazine C^2N^4....	—1299	+135
8.	Aminométhyldiéthyldiazine C^2N^4...	—1148	— 12,5
8.	Méthyldiphényltriazine C^3N^3......	—1548	— 11,5
8.	Triazine-tricarboxylate d'éthyle....	—1634	— 21,5
8.	Acide cyanurique C^3N^3...........	— 544	— 20,5

L'accroissement du nombre des fonctions éthyléniques et la formation de chaînes fermées donnent lieu, comme la polymérisation, à une diminution marquée du diamagnétisme. Ces particularités de structure augmentent donc le moment magnétique résultant de la molécule et correspondent par suite à une dissymétrie croissante de l'édifice électronique.

Par contre, les noyaux diaziniques, triaziniques et benzéniques provoquent une exaltation diamagnétique, qu'il faut imputer, soit au groupement symétrique de trois liaisons éthyléniques, soit plutôt à la présence unique de carbones ou d'azotes tertiaires, dont nous avons constaté l'influence identique dans les composés à la chaîne ouverte.

On notera l'identité presque absolue du rôle magnétique des noyaux $C^{6-p}N^p$ hexavalents. Elle entraîne l'analogie de structure des diazines, des triazines et des dérivés du benzène, et nous montrerons ailleurs que les autres moyens d'atteindre la structure électronique : étude de l'isomorphisme cristallin, étude de l'absorption dans l'ultraviolet, ne font que renforcer cette conclusion.

Remarque. — Dans tout ce qui précède, nous avons admis pour susceptibilité de l'azote combiné notre ancienne valeur : $-55,5.10^{-7}$. Ce chiffre est presque rigoureusement la moyenne des déterminations directes faites par Hector (-59.10^{-7}) et par Také Soné (-50.10^{-7}). Ainsi se trouve généralisée la loi d'additivité du diamagnétisme naturel en combinaison, énoncée par nous il y a quinze ans.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Purification des cyanures de potassium et de sodium. Leur point de fusion.* Note de M. **Grandadam**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Au cours d'une étude sur les cyanures alcalins faite en collaboration avec M. Hackspill (¹) nous avons constaté que les points de fusion de K(CN) et Na(CN) sont fort mal connus et n'ont été déterminés que sur des sels impurs.

Il nous a paru intéressant de combler cette lacune. La neutralisation de l'acide cyanhydrique par la potasse en solution alcoolique ne fournit qu'un produit à 99 pour 100 au maximum (²). Nous avons préféré partir du produit commercial à 95 pour 100 environ et le purifier en milieu absolument anhydre. La distillation fractionnée dans le vide préconisée par Bucher (³) ne nous ayant pas donné de bon résultat, nous avons essayé la cristallisation dans l'ammoniac liquide. Contrairement aux indications de Bronn (⁴) qui considère les cyanures alcalins comme très peu solubles dans ce réactif nous avons trouvé qu'au voisinage du point d'ébullition (— 33°,5) la solubilité est de 4 pour 100 environ, sensiblement du même ordre de grandeur pour les deux sels étudiés.

Les impuretés habituelles : carbonate, cyanure, hydrate, sont par contre très peu solubles, de cinq à cinquante fois moins.

Il a donc été relativement facile d'obtenir par dissolution et cristallisation KCN et NaCN parfaitement purs. Le dosage à l'argent donnait de 99,9 à 100,1 pour 100.

Restait à trouver un récipient et un couple permettant de conserver cette pureté à l'état de fusion. Les essais faits sur les métaux usuels ont montré que l'or et l'argent sont seuls à être absolument dénués d'action sur les cyanures alcalins fondus en l'absence d'oxygène et d'humidité.

Le couple or-argent possède un pouvoir thermo-électrique faible, mais on peut remédier à cet inconvénient par l'emploi d'un galvanomètre très sensible. Les points de fusion ont donc été déterminés à l'aide de ce couple, les sels étant contenus dans un creuset d'argent maintenu dans l'azote sec.

(¹) Hackspill et Grandadam, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 130.

(²) Wiggers, *Annalen der Chem. und Pharm.*, 29, 1839, p. 65.

(³) Hohn Bucher, *Journ. of Ind. Engin. Chem.*, 9, 1917, p. 233.

(⁴) Bronn, *Verflüssigtes Ammoniak als Lösungsmittel*, Berlin, 1905.

Nous avons trouvé pour le cyanure de sodium

$$563^\circ,7 \pm 0^\circ,3\,;$$

pour le cyanure de potassium,

$$634^\circ,5 \pm 1^\circ.$$

Wilhelm Truthe (¹) avait donné, en 1912, 561°,7 et 622° pour KCN à 96,5 pour 100 et NaCN à 97,1 pour 100.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cinétique de la réduction du bromure mercurique par le formiate de sodium.* Note (²) de MM. **F. Bourion** et **J. Picard**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une étude d'ensemble sur les coefficients de température de réactions catalysées et non catalysées, M. Dhar (³) a observé quelques anomalies, notamment lors de la réduction du chlorure mercurique par le formiate de sodium, que l'étude cinétique fait considérer comme étant du second ordre, alors que l'équation chimique



$$2Cl^2Hg + H.CO^2Na = ClNa + ClH + CO^2 + 2ClHg$$

conduit à l'envisager comme étant du troisième ordre.

Nous nous sommes demandé si la réduction du bromure mercurique par le formiate de sodium donnerait lieu aux mêmes phénomènes, et, à cet effet, nous avons réalisé son étude cinétique aux températures de 33° et de 51°, en utilisant la méthode d'isolement d'Ostwald, avec un excès de réducteur. On a dosé, après des temps connus, la quantité de bromure mercurique non réduite, en faisant tomber la liqueur débarrassée par filtration du bromure mercureux, dans un volume connu d'une solution titrée d'iodure de potassium, jusqu'à appparition d'une coloration rouge, produite dès que le bromure mercurique est intégralement transformé en iodomercurate :



$$Br^2Hg + 4IK = [HgI^4]K^2 + 2BrK.$$

(¹) Wilhelm Truthe, *Zeitschrift f. anorg. Chem.*, **76**, 1912, p. 131.

(²) Séance du 18 mai 1925.

(³) N.-R. Dhar, *Ann. de Chimie*, 9ᵉ série, **11**, 1919, p. 130.

Indiquons les résultats obtenus à 33° avec les trois mélanges suivants :


Br^2Hg(0,008 M); HCO^2Na(0,44M).

Temps (minutes)........	0	30	64	93	224	339	
$10^3 k_1 = \frac{1}{t}\log\frac{a}{a-x} \times 10^3$.		0,907	0,907	0,905	0,903	0,904	(moy. 0,904).
$k_2 = \frac{1}{t}\frac{x}{a(a-x)}$.........		0,268	0,285	0,290	0,332	0,377	


Br^2Hg(0,008M); HCO^2Na(0,22M).

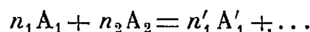
Temps.....	0	120	280	423	300	696	
$k_1 \times 10^3$....		0,455	0,453	0,450	0,450	0,447	(moy. 0,451).
k_2.........		0,138	0,146	0,162	0,170	0,184	


Br^2Hg(0,008M); HCO^2Na(0,11M).

Temps.....	0	250	452	778	1143	1394	
$k_1 \times 10^3$....		0,227	0,225	0,223	0,221	0,216	(moy. 0,223).
$k_2 \times 10$.....		0,692	0,723	0,788	0,861	0,929	

Il est manifeste que la réaction est d'ordre 1 par rapport au chlorure mercurique.

Pour trouver, selon la méthode d'Ostwald, l'ordre relatif au corps A_2 en excès dans l'équation


$$n_1 A_1 + n_2 A_2 = n'_1 A'_1 + \ldots$$

nous opérons à des concentrations C'_2 et C''_2 de A_2 auxquelles correspondent pour A_1 les constantes k'_1 et k''_1 et l'on en déduit aisément

$$n_2 = \frac{\log k'_1 - \log k''_1}{\log C'_2 - \log C''_2},$$

relation qui, appliquée aux trois couples issus des trois séries précédentes, donne :

$$n_2 = \frac{\log 904 - \log 451}{\log 2} = 1,007; \qquad n_2 = \frac{\log 451 - \log 223}{\log 2} = 1,01;$$

$$\frac{\log 904 - \log 223}{\log 4} = 1,01.$$

L'ordre relatif au formiate de sodium est encore égal à 1 et, au total, la réaction est bimoléculaire. Nous rencontrons donc, avec le bromure mercurique, la même anomalie cinétique qu'avec le chlorure mercurique, puisque l'équation chimique, la même dans les deux cas, laisse prévoir un ordre égal à 3.

L'un de nous [1], en collaboration avec M. Rouyer, a interprété cette anomalie en admettant la formation d'un complexe $[2Cl^2HgHCO^2Na]$ déduite par analogie, de l'existence en solution d'un composé d'un même type $[2Cl^2HgCH^3 - CO^2Na]$ démontrée par des mesures ébullioscopiques.

La similitude remarquable de propriété des bromures et des chlorures autorise à supposer la formation du complexe $[2Br^2AgH.CO^2Na]$ et à écrire l'équation



$$[2Br^2HgH.CO^2Na] + H.CO^2Na = H.CO^2Na + 2BrHg + BrNa + BrH + CO^2$$

à laquelle correspond un ordre égal à 2, conformément à l'étude cinétique.

Une étude semblable faite à la température de 51° a conduit aux mêmes conclusions et a donné pour le couple



$$Br^2Hg(0{,}008\,M), \quad H.CO^2Na(0{,}11\,M),$$

un ordre égal à 1 pour le bromure mercurique avec la valeur moyenne 0,00230 pour la constante k_1.

Le coefficient b de la formule de Van't Hoff

$$\log k_t = a + bt$$

se déduit des deux séries correspondantes faites à 33° et à 51° par la relation

$$b = \frac{\log(k_1)_{51} - \log(k_1)_{33}}{51 - 33} = 0{,}0563.$$

D'où, pour le coefficient de température correspondant à un intervalle de 10°,

$$\frac{k_t + 10}{k_t} = 10b = 0{,}563, \qquad \text{et} \qquad \frac{k_t + 10}{k_t} = 3{,}65.$$

nombre un peu plus petit que celui 4,03 trouvé par M. Dhar pour le même intervalle de température, dans le cas du chlorure mercurique.

Nous sommes alors en mesure de comparer les vitesses respectives de réduction des chlorure et bromure mercuriques par le formiate de sodium à la même température, par exemple 40°. Il résulte en effet des données de M. Dhar à 40°, que le coefficient de vitesse k de l'équation

$$v = k\,C_1^{n_1}C_2^{n_2}$$

possède la valeur moyenne 0,00989.

---

[1] F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1908.

De nos propres expériences, nous déduisons pour le coefficient k à 33° la valeur moyenne 0,00264. Pour passer au coefficient k_{40} relatif à la température de 40° on a la relation

$$\log \frac{k_{40}}{k_{33}} = 7 \times 0,0563 = 0,3941; \qquad \text{d'où} \qquad k_{40} = 0,00505,$$

valeur un peu supérieure à la moitié du coefficient de vitesse qui appartient à la réduction du chlorure mercurique.

Ainsi, à la température de 40° le bromure mercurique est réduit environ deux fois moins vite que le chlorure mercurique par le formiate de sodium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau type de borates alcalins : les pentaborates.* Note (1) de M. **V. Auger**, présentée par M. G. Urbain.

Les types salins connus actuellement, dans lesquels M^1 représente un métal alcalin, sont les métaborates BO^2M, les tétraborates $B^4O^7M^2$, les décaborates $B^{10}O^{16}M^2$, auxquels on peut ajouter les octoborates $B^8O^{13}M^2$ dont Le Chatelier (2) a préparé le sel de Li. En outre, l'étude thermique des mélanges fondus a montré l'existence des sels $B^8O^{13}Na^2$ et $B^6O^{10}Na^2$ (3).

A cette liste devra s'ajouter le type $B^{10}O^{17}M^4$ des pentaborates, dont j'ai étudié les sels de Na et de K.

Pentaborate de potassium $B^{10}O^{17}K^4$, $5H^2O$ ou $B^5O^9K^2H$, $2H^2O$. — Si l'on soumet à de nombreuses cristallisations fractionnées une solution contenant un grand excès de B^2O^3 et du tétraborate de K, on obtient successivement de l'acide borique, du décaborate, et enfin du tétraborate, en opérant entre $-3°$ et $+80°$. Il en est tout autrement si l'on opère au-dessus de 100°; vers 115°-120° les solutions dans lesquelles les rapports des composants sont approximativement 2,5 Bo pour 1 Na, laissent déposer des croûtes cristallines, formées d'un amas de petits prismes microscopiques.

Le produit, séparé par décantation de l'eau mère visqueuse, est broyé puis lavé à l'eau tiède, essoré au vide et séché vers 30°. Sa composition, déterminée par le dosage alcalimétrique, et par pesée après fusion au rouge, correspond à la formule brute $B^{10}O^{17}K^4$, $5H^2O$, mais l'étude de sa déshydratation conduit à la formule dédoublée $B^5O^9K^2H, 2H^2O$. En effet,

(1) Séance du 18 mai 1925.

(2) Le Chatelier, *Bull. Soc. chim.*, 21, 1899, p. 35.

(3) Ponomarew, *Zeit. anorg. Chem.*, 89, 1914, p. 383.

si l'on chauffe ce sel à des températures croissantes, on trouve que la teneur en eau s'abaisse, de 40° à 110°, à 11,6 pour 100 correspondant à 4 molécules d'eau et si l'on élève la température jusqu'à 360° la dernière molécule reste fixée et ne part que vers 400°. On doit donc tenir cette portion de l'eau comme faisant partie intégrante du sel, qui devient un sel acide de $B^5O^9H^3$. A la température de 360°-400° le complexe est évidemment détruit, car le produit qui n'a perdu que $4H^2O$ reprend celle-ci très rapidement, à l'air, tandis qu'après chauffage à 400°, il n'a presque plus tendance à s'hydrater : ainsi un échantillon de 3g,14 qui perdait 250mg à 300° et les reprenait à l'air en 12 heures, ne reprenait plus que 40mg dans le même laps de temps après déshydratation à 400°.

Ce sel est lentement attaqué par l'eau, même à chaud; la solution évaporée au bain-marie laisse comme résidu une masse vitreuse incristallisable, mais si l'on maintient à 100° la solution sirupeuse, en l'amorçant de quelques parcelles du sel solide, elle reproduit les cristaux prismatiques primitifs.

La formation de ce sel à 115°-120° est tellement facile, qu'elle s'effectue même dans des solutions qui n'offrent pas la même composition : ainsi une solution concentrée de tétraborate de potassium chauffée en tube scellé pendant 10 heures environ à cette température, fournit à coup sûr, si l'on y a introduit quelques parcelles de pentaborate servant d'amorce, un fort dépôt de ce sel cristallisé et une eau mère qui s'est enrichie en alcali. L'analyse du dépôt essoré au vide, sans lavage, a montré qu'il contenait 91 pour 100 de pentaborate, et l'eau mère était formée de 40 pour 100 de tétraborate et 60 pour 100 de métaborate BO^2K.

Sel de sodium $B^5O^9Na^2H, 2H^2O$. — On l'obtient comme le sel de potassium, et son aspect, au microscope, est le même. Il ne nous a pas été possible de l'obtenir tout à fait pur parce que sa stabilité est moindre que celle du potassium, en présence de l'eau.

Si l'on essaie de le laver à l'eau froide, l'eau mère qui l'accompagne se transforme rapidement en borax qui est peu soluble et ne peut être éloigné rapidement; si l'on emploie l'eau chaude, le pentaborate est rapidement attaqué et se dissout. Cependant les résultats analytiques mettent hors de doute sa formule : on trouve pour la perte en eau 17 pour 100 au lieu de 16 pour 100, et le dosage alcalimétrique calculé sur un mélange de tétraborate et de pentaborate indique 98 pour 100 de ce dernier.

La formation de ce sel a lieu, comme pour le précédent, par simple chauffage du borax en présence d'eau à 115°-120° en tube scellé. Les cristaux essorés

rapidement, mais non lavés, contenaient 77 pour 100 de pentaborate et les eaux mères 57 pour 100 de BO^2Na.

Toutefois le champ d'existence du sel de Na est plus restreint que celui du sel de K; en effet, une liqueur présentant la composition du pentaborate sodique, chauffée à 100°, laisse déposer des cristaux formés de l'hydrate à $5H^2O$ du tétraborate octaédrique, et cela malgré un amorçage avec des cristaux de pentaborate. Nous obtenons donc ici un corps de fond plus alcalin et une solution plus acide, à l'inverse de ce qui se passe à 120°.

Des expériences sont en cours pour voir si le rubidium et le cæsium sont susceptibles de donner naissance à des pentaborates : les essais effectués avec les sels de lithium ont échoué.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'hérédité du caractère précocité et sur la conservation de ce caractère dans les graines âgées.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Guignard.

L'an dernier, j'ai été amené à signaler les faits suivants constatés depuis plusieurs années sur le *Lepidium sativum :* les graines mûries sous châssis donnent, en plein air, des plantes qui poussent plus rapidement que celles qui proviennent de graines mûries en plein air. J'ai trouvé là une amorce à la production de primeurs ([1]).

Cette année, je cherche à vérifier ces faits par des cultures spéciales. Je laisse de côté celles que je fais avec d'autres plantes que le *Lepidium sativum* et qui ne peuvent donner de résultats qu'en 1926; mais je profite des nombreuses expériences que j'ai répétées chaque année depuis 1911 avec ce *Lepidium* soumis à l'action de la salure et dont j'ai gardé les graines, pour faire 40 cultures en plein air, dans deux stations différentes pour établir des contrôles, et ce sont les premiers résultats que je donne dans cette Note.

Ces cultures sont groupées par trois : deux provenant de graines mûries sous châssis sur des plantes salées et sur des plantes témoins non salées, la troisième provenant de graines de plantes toujours cultivées en plein air.

Voici, en ce qui concerne la station du Jardin des plantes de Rennes, un tableau qui donne, avec les numéros des cultures actuelles, l'année de la

---

([1]) Pierre Lesage, *Sur la précocité : étapes du caractère provoqué au caractère hérité définitivement fixé. Application à la production de primeurs* (*C. R. de l'Ac. d'Agriculture*, **10**, 11 juin 1924, p. 701).

maturation sous châssis, les années de culture et le numéro d'ordre des générations successives en plein air après culture sous châssis, la taille de la tige au-dessus du sol au 7 mai et au 22 mai 1925.

Numéros des cultures.	Cultures sous châssis.	Générations successives en plein air après culture sous châssis.				Hauteur de la tige au	
		1re.	2e.	3e.	4e.	7 mai.	22 mai.
							mm
281.......	1919	1922	1923	1924	1925	0	295
282.......	1919	1922	1923	1924	1925	0	335
283.......	"	"	"	"	"	0	0
284.......	1919	1922	1924	1925	"	0	295
285.......	1919	1922	1924	1925	"	0	350
286.......	"	"	"	"	"	0	0
315.......	1923	1924	1925	"	"	0	315
316.......	1923	1924	1925	"	"	0	325
317.......	"	"	"	"	"	0	0
318.......	1924	1925	"	"	"	0	305
319.......	1924	1925	"	"	"	0	360
320.......	"	"	"	"	"	0	0
320 A.....	1918	1925	"	"	"	0	240
320 B.....	1918	1925	"	"	"	0	270
320 C.....	"	"	"	"	"	0	0

On voit, par ce tableau, que la précocité est nettement établie en comparant les hauteurs et, je dois l'ajouter, par ce fait que les plantes issues de graines mûries sous châssis sortent des boutons depuis le 15 ou le 16 mai et fleurissent quand les plantes toujours de plein air ne commencent à sortir leur tige de la rosette des feuilles basilaires que depuis le 23 mai.

Quinze cultures de contrôle de la deuxième station confirment ces résultats.

On voit encore que le caractère précocité est hérité jusqu'à la quatrième génération de plein air et il ne semble pas qu'il aille en s'atténuant.

Enfin, d'après le cinquième groupe comprenant les numéros 320A, 320B, 320C, et d'après des cultures spéciales faites à la deuxième station, les graines âgées conservent ce caractère précocité et le manifestent encore, en première génération de plein air, 7 ans, 6 ans, 4 ans et 2 ans après leur maturation sous châssis.

Je me contente de signaler ces résultats et je néglige, pour le moment, les différences qui se voient entre les plantes issues de graines mûries sous châssis sur les plantes salées et sur les plantes témoins, réservant la question de salure pour une autre étude.

BOTANIQUE. — *Sur les antipodes et la région chalazienne de l'ovule des Dipsacées.* Note ([1]) de M. P. LAVIALLE, présentée par M. Guignard.

En décrivant récemment ([2]) le développement du sac embryonnaire des Dipsacées, parmi lesquelles le *Knautia arvensis* Coult. a été pris comme type, j'ai montré : 1° que les cellules du tapis se dédoublent, au niveau et autour des antipodes, pour former un manchon dont les éléments, assez fortement dilatés dans la partie supérieure, ont un contenu jaune, très dense, qui est versé dans le sac embryonnaire ; 2° que l'antipode interne s'hypertrophie, se remplit d'une substance jaune, puis s'ouvre pour verser son contenu dans le sac. L'hypertrophie porte ensuite sur l'antipode sous-jacente qui, à son tour, se détache et s'ouvre. Le même phénomène se renouvelle encore deux ou trois fois, pendant que des cloisonnements maintiennent le nombre des antipodes à cinq environ.

La substance jaune contenue dans les antipodes et dans les cellules du

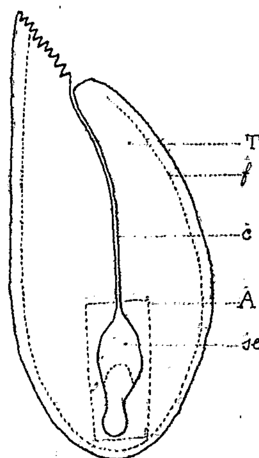


Fig. 1. — *Knautia arvensis.* — Coupe longitudinale de l'ovule : T, tégument; *f*, faisceau nourricier; *c*, canal micropylaire; *se*, sac embryonnaire; A, partie représentée en détail dans la figure 2. Gross. 66.

manchon antipodaire, trouve son origine dans la région chalazienne, pendant le développement du sac.

La chalaze n'est séparée du faisceau nourricier de l'ovule et de l'épiderme

([1]) Séance du 18 mai 1925.

([2]) P. LAVIALLE, *Sur le sac embryonnaire des Dipsacées* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1127).

externe du tégument que par un petit nombre d'assises de cellules isodiamétriques (*fig.* 1). Dès que la répartition des huit noyaux dans le sac

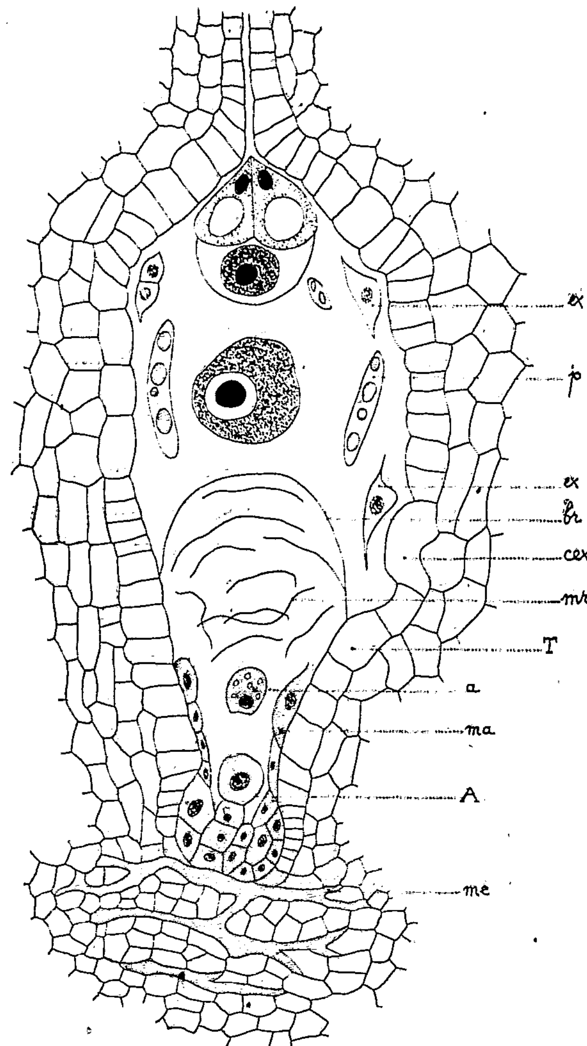


Fig. 2. — *Knautia arvensis.* — Détail de la partie A de la figure 1 ; *ex*, cellules du tapis exfoliées et en voie de résorption ; *p*, plastides à enclaves jaunes ; *lr*, limite de refoulement du contenu normal du sac, par les produits libérés à la base du sac ; *cex*, cellule du tapis en voie d'exfoliation, et, au-dessous, cellule de remplacement ; *mr*, débris des membranes des cellules résorbées à la base du sac ; T, tapis ; *a*, antipode libérée ; A, série d'antipodes, l'interne dilatée ; *mâ*, manchon antipodaire ; *mc*, méats chalaziens. Gross. 375.

jeune est effectuée, on assiste à une multiplication des cellules de la chalaze, au voisinage immédiat des antipodes. Il en résulte un tissu, d'abord homogéne, assez serré et formé de petits éléments. Tous les contenus cellulaires

sont encore incolores dans cette région, de même que le contenu des antipodes et que celui des cellules du manchon antipodaire.

Peu après, on voit les cellules chalaziennes et sous-chalaziennes situées, entre la boucle vasculaire de l'ovule et le sac, se séparer les unes des autres en de nombreux points, de façon à former des méats allongés, ramifiés et anastomosés. Ces méats grandissent et se remplissent complètement d'une substance jaune transparente.

Il paraît hors de doute que les substances nutritives, apportées par le faisceau nourricier de l'ovule, sont élaborées par les cellules voisines du faisceau et que la substance jaune contenue dans les méats est le résultat de cette élaboration.

Les antipodes et les cellules du manchon antipodaire se remplissent aussitôt de cette même substance. Les antipodes inférieures sont, d'ailleurs, plongées dans cette zone nourricière, et les échanges peuvent s'y établir avec facilité (*fig.* 2).

La destruction des antipodes et des cellules du manchon antipodaire aboutissent à l'accumulation, au fond du sac, de produits dans lesquels on retrouve fréquemment les débris jaunes des contenus cellulaires. Cependant, la petite quantité de ces débris ne paraît pas en rapport avec le nombre des cellules détruites. Mais, par contre, on voit s'accumuler pendant le grossissement du sac, surtout dans la région équatoriale, des éléments figurés ayant quelque ressemblance avec une saucisse, plus ou moins longs, capables d'accroissement et de division, au sein desquels se trouvent des globules jaunes plus ou moins gros et nombreux (*fig.* 2).

Ces plastides à enclaves globuleuses jaunes paraissent avoir puisé la substance de celles-ci dans la région inférieure du sac. Leur formation précède immédiatement la fécondation.

PHYSIOLOGIE. — *Hydratation cellulaire et vitalité.*

Note [1] de M. **Jules Amar**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Un ensemble de faits, rigoureusement concordants, sur les facteurs de coagulation du protoplasma, nous a permis de formuler une loi d'évolution vitale [2].

---

(1) Séance du 11 mai 1925.

(2) Jules Amar, *Revue générale des Colloïdes*, **2**, 1924, p. 294 et 329 (nos **12** et **13**) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 465, 870.

Voici quelques résultats nouveaux à ce sujet :

I. *Eau des tissus.* — Comparons *tissus énergétiques* (cerveau, cœur, muscles) et *tissus végétatifs* (foie, intestin, os). Sur cobaye adulte, par exemple, nous trouvons les moyennes ci-dessous.

Expériences. — Les organes sont isolés et débarrassés du sang, puis mis à sécher sous la *cloche sulfurique*. Au bout de 47 jours les poids demeurent fixes. Et l'on a d'après l'ordre décroissant des taux d'hydratation :

	Sang.	Cœur.	Cerveau.	Rate.	Muscle.	Nerf.	Foie.	Intestin.	Os tibial.
Organes frais......	5675 mg	1035 mg	600 mg	325 mg	1320 mg	60 mg	870 mg	590 mg	125 mg
Eau perdue........	4680	840	485	255	1000	45	635	420	25
Hydratation p. 1000.	**824**	**811**	**800**	**784**	**757**	**750**	**730**	**712**	**200**

Il est à noter que le cœur se transforme en une masse cassante schisteuse, à structure lamellaire; tandis que les muscles sont fibreux, onctueux au toucher, comme aussi l'intestin. Mais le cerveau n'a point cet aspect gras, et il répand à la cassure une odeur phosphorée. Le foie est une lame brune semblable à la colle forte; la rate une lame rubis; l'os devient très dur et découvre. à la rupture, une surface intérieure huileuse. Quant aux nerfs (des gastrocnémiens), ce sont fétus résistants et souples. L'histologiste aurait intérêt à observer la matière vivante dans cet état de dessiccation qui respecte sa structure réelle.

En tout cas, *les tissus énergétiques ont une hydratation généralement élevée.*

II. *Vitalité des tissus.* — La vitalité des tissus, exprimée par leur intensité respiratoire. correspond-elle à leur hydratation? Ce sont les *plantes* qui, pour le contrôle de nos idées, se prêtent le mieux à l'expérimentation; car elles sont soustraites aux *influences nerveuses* qui accélèrent ou dépriment les réactions. Encore faut-il ne considérer que mêmes organes des mêmes plantes, *riches plus ou moins en eau* de par l'âge et l'origine.

Dans ces conditions, on s'assure que *l'intensité respiratoire augmente avec l'activité végétative ou la vitesse de croissance, toutes deux parallèles à l'hydratation.* Toutes ces valeurs s'abaissent dans les tissus *vieillissants ou chargés de graisses* (Euphorbes, Cactées). L'hydratation s'atténue au cours du développement végétal, plus dans les parties qui se lignifient que dans les autres, demeurant élevée dans celles de la reproduction.

Chez l'animal, l'intensité respiratoire des organes isolés n'est pas connue exactement; les chiffres des auteurs laissent voir néanmoins que :

Les tissus énergétiques respirent plus que les tissus végétatifs. Sur un animal hibernant, respiration et hydratation diminuent.

III. *Relations biochimiques.* — Mayer et Schæffer (¹), constatant que le mouvement de l'eau cellulaire se règle sur l'*indice lipocytique*, qui est la proportion de graisses et cholestérine, en ont conclu que l'indice et l'hydratation sont des « constantes » pour chaque type de cellules, sauf circonstances anormales (inanition, excès de sels). Mais, d'abord, ces deux constantes n'évoluent pas dans le même sens chez cobaye ou lapin, ni poissons (²). Ensuite, l'indice est plus haut dans le cas des anguilles, qui respirent faiblement, que dans celui des oiseaux. Enfin, et dans certaines limites, l'intensité respiratoire augmente avec la température, révélant *une opération diastasique* et pas seulement physico-chimique.

Donc *les lipoïdes ne font que favoriser l'entrée de l'eau dans la cellule, sans remplacer l'énergie propre du colloïde cytoplasmique.*

En 1915, Benedict déclare que l'intensité respiratoire est proportionnelle à la masse protoplasmique active, masse que Terroine et Roche ont définie par le produit de deux facteurs : *Taux protéique* × *Taux de phosphore lipoïdique* (³).

Malgré des évaluations d'oxygène particulières, cette relation s'accuse par des écarts de 30 pour 100.

La vérité, c'est que *le dynamisme colloïdal échange eau et sels* par cette loi d'évolution vitale qui caractérise toute cellule. L'énergie oxydante évolue parallèlement. Et, comme nous l'avions montré (⁴), c'est l'*eau liée* du protoplasma qui en disperse les particules et accroît la vitalité. Cette eau liée représente *le tiers environ* de l'hydratation totale. (L'expérience nous donnait, sur un total de 86 pour 100 d'eau, 31 d'eau liée, dans un tube de 20^{cm^3} d'ovalbumine.) Sur ce protoplasma réagissent évidemment, diastases (*oxydases*) et sels, et autres éléments internes (nerfs) ou externes (température).

CONCLUSIONS. — *En résumé, la vitalité des cellules s'exprime par l'intensité des échanges respiratoires au moment considéré. Cette respiration est, en général, plus active dans les tissus énergétiques (cerveau, cœur, muscles); elle y est favorisée par une hydratation élevée et une plus grande concentration oxydasique. C'est seulement*

(¹) MAYER et SCHÆFFER, *Journal de Physiologie*, 15, 1913, p. 542; 16, 1914, p. 1, 22, 203.

(²) POLIMANTI, *Bioch. Zeitsch.*, 69, 1915, p. 47.

(³) TERROINE et ROCHE, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 225 et 1061.

(⁴) JULES AMAR, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 803.

l'eau liée du protoplasma qui entretient le travail des forces osmotiques et le phénomène nutritif, dont l'essence demeure diastasique. Mais les causes biochimiques de cette proportion d'eau liée, comme leur influence sur la tension superficielle du milieu, sont encore indéterminées.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Variations du pouvoir agglutinant d'un immunsérum mixte sous l'influence du courant continu.* Note de MM. **J. Cluzet**, **A. Rochaix** et **Th. Kofman**, présentée par M. Desgrez.

I. Nous avons montré (¹) que les sérums agglutinants traversés par un courant électrique continu peuvent présenter un pouvoir d'agglutination considérablement augmenté à l'un des pôles et très diminué à l'autre pôle, l'augmentation se produit au pôle positif pour le sérum antiéberthien et au pôle négatif pour le sérum antidysentérique (Flexner). Dans ces expériences, nous avions opéré sur le sérum d'animaux immunisés contre un seul microbe, par conséquent monoagglutinant et tout s'était passé comme si l'agglutinine, ayant le même signe électrique que le bacille correspondant, subissait l'action cataphorétique du courant continu. Dans de nouvelles expériences, nous avons immunisé des lapins avec des microbes de signe électrique différent (Eberth et Flexner). On sait (Widal et Sicard, Castellani, Jules Courmont et Rochaix, etc.) que l'inoculation à un même animal d'un mélange de plusieurs microbes d'espèces différentes fait apparaître dans son organisme des anticorps spécifiques pour chacun d'eux. Il était intéressant de voir comment, sous l'influence de l'électrisation, dans les mêmes conditions, se comporterait ce sérum agglutinant vis-à-vis des deux microbes correspondants et de signe électrique inverse.

Le dispositif d'expérience a été exactement le même que celui que nous avons décrit antérieurement.

Deux lapins sont immunisés en même temps contre le bacille d'Eberth et contre le bacille dysentérique du type Flexner, par injections, à huit jours d'intervalle, de doses progressivement croissantes de culture de ces deux microbes (1 et 2^{cm^3} de chaque culture de 24 heures). Le lapin n° 1 a reçu 7 injections doubles, le lapin n° 2 en a reçu 12 pour obtenir des sérums agglutinants à des taux élevés.

La durée de l'électrisation a été pour les deux sérums de 8 et 10 jours, à 220 volts, l'intensité étant en moyenne de 0,25 milliampère. A la fin de

(¹) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1631.

l'expérience, des prélèvements du sérum ont été effectués au niveau de chaque pôle du tube en Y renversé, pour mesurer le pouvoir agglutinant vis-à-vis du bacille considéré.

Voici les résultats obtenus :

	Eberth.	Flexner.
Lapin n° 1 (7 injections).		
Sérum prélevé au pôle négatif, agglutination complète à	1 pour 1000	1 pour 2000
Sérum prélevé au pôle positif, agglutination complète à	1 pour 10000	1 pour 50
Lapin n° 2 (12 injections).		
Sérum prélevé au pôle négatif, agglutination complète à	1 pour 100	1 pour 50000
Sérum prélevé au pôle positif, agglutination complète à	1 pour 20000	1 pour 50

Ainsi le pouvoir agglutinant s'est montré beaucoup plus élevé vis-à-vis *du bacille d'Eberth*, avec l'échantillon de sérum prélevé au pôle *positif*, chez nos deux animaux en expérience. Il s'est montré, au contraire, beaucoup plus élevé vis-à-vis du bacille dysentérique *du type Flexner* avec l'échantillon de sérum prélevé au pôle *négatif*.

II. Nous avons recherché, d'autre part, si la spécificité du pouvoir agglutinant avait été conservée, même vis-à-vis des microbes apparentés au bacille d'Eberth et au bacille de Flexner et qui peuvent présenter, dans les conditions normales, une coagglutinabilité plus ou moins élevée.

Les deux sérums ont donc été mis en contact avec des microbes de chacune des deux familles et les résultats ont été les suivants :

	Pôle +.		Pôle —.	
	Lapin n° 1.	Lapin n° 2.	Lapin n° 1.	Lapin n° 2.
Famille de l'Eberth.				
Agglutination du bacille paratyphique A	1 p. 20	1 p. 20	1 p. 5	1 p. 10
» du B. para B (type Schottmuler)	1 p. 500	1 p. 500	1 p. 200	1 p. 500
» du B. para B (type Aertryck)	1 p. 50	1 p. 20	1 p. 10	1 p. 50
» du B. enteriditis de Gaertner	1 p. 20	1 p. 20	1 p. 5	1 p. 10
» de la Psittacose Gaertner	0	0	0	0
Famille de Flexner.				
Agglutination du bacille Shiga	0	0	0	0
» du B. de Hiss	1 p. 50	»	1 p. 2000	»
» du B. de Strong	1 p. 50	»	1 p. 200	»

Les coagglutinations, malgré le passage du courant continu dans le sérum, persistent, mais sans qu'on puisse dire si elles sont influencées par l'élec-

trisation au point de vue quantitatif. En tout cas, les taux obtenus indiquent que les sérums étudiés ont conservé leur spécificité habituelle.

III. *Conclusions.* — 1° L'immunsérum observé a présenté une élévation du pouvoir agglutinant au pôle positif, vis-à-vis du bacille d'Eberth, et au pôle négatif, vis-à-vis du bacille de Flexner. Tout s'est passé, dans le sérum possédant un pouvoir agglutinant mixte, comme s'il s'agissait de deux sérums indépendants, et l'élévation du pouvoir agglutinant s'est produite dans le même sens que dans nos expériences antérieures.

2° Malgré le passage prolongé du courant continu, le pouvoir agglutinant spécifique particulier a été conservé vis-à-vis des deux microbes ayant servi à la préparation des animaux.

3° Le phénomène de l'agglutination a conservé toute sa spécificité habituelle et les coagglutinations de groupe observées n'ont paru ni augmentées ni diminuées, comparées à l'agglutination spécifique. Il est d'autre part impossible de dire s'il y a eu augmentation ou diminution de ces coagglutinations à un pôle ou à l'autre.

BIOLOGIE. — *Amixie physiologique et espèces naissantes chez l'Isopode :* Trichoniscus (Spiloniscus) provisorius *Racovitza*. Note de M. A. **Vandel**, présentée par M. F. Mesnil.

J'ai montré [1] que le petit Isopode *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* Racovitza se reproduit par parthénogenèse dans le nord et l'est de la France, tandis que, dans les régions méditerranéennes, les deux sexes coexistent, et la fécondation est la règle. Ces colonies parthénogénétiques et bisexuées ont, évidemment, une origine commune, et il existe entre elles, comme je le montrerai ailleurs, tous les intermédiaires. Il était intéressant d'étudier les rapports qui existent entre elles. Aucune différence morphologique ni cytologique (je me suis assuré que le nombre de chromosomes est le même dans les deux cas) ne sépare les individus des deux régions. Il semble que rien ne s'oppose au croisement des deux races. Et cependant les essais de croisements ne m'ont jamais donné que des résultats négatifs. J'ai réuni, à maintes reprises (trente expériences), des femelles parthénogénétiques récoltées à Port-sur-Saône (Haute-Saône) à des mâles recueillis

(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 793.

dans le Midi (Toulouse); jamais, les femelles n'ont été fécondées. On pourrait croire qu'une disposition constitutionnelle empêche la fécondation des femelles parthénogénétiques. Mais il n'en est rien. Car ces femelles sont *capables de s'accoupler avec les mâles des régions septentrionales*. En effet, ainsi que je l'ai indiqué dans une Note précédente (1), il existe, dans les colonies parthénogénétiques de Port-sur-Saône, quelques très rares mâles qui représentent une survivance de l'état bisexué primitif. J'ai pu faire quelques expériences avec deux individus récoltés le 5 septembre 1923 : X.25 que j'ai conservé 16 mois, et X.26 qui est mort au bout de 11 mois de captivité. Je les ai réunis à de jeunes femelles vierges récoltées comme eux à Port-sur-Saône. Dans quatre cas, j'ai observé que les femelles placées avec ces mâles se sont accouplées, comme l'établit la présence de spermatozoïdes dans l'ovaire (2).

Les femelles septentrionales sont donc parfaitement capables de s'accoupler, mais elles n'exercent *aucune attraction sur les mâles méridionaux*. La réciproque n'est d'ailleurs pas vraie. J'ai constaté que les mâles septentrionaux s'accouplent avec les femelles du Midi.

Ces expériences montrent que ces deux races, parthénogénétique et bisexuée, ne se croisent plus entre elles (au moins dans un sens), bien que semblables morphologiquement (amixie physiologique) et qu'on doit les considérer comme des espèces naissantes.

C'est un exemple, parmi beaucoup d'autres, que des modes de reproduction différents coexistant dans une même espèce (pœcilogonie) sont capables de la scinder en deux races, puis en deux espèces distinctes.

Ces expériences montrent aussi que l'attraction sexuelle est très limitée chez les *Trichoniscus*. Des différences considérables existent, à ce point de vue, entre les espèces animales, et une simple étude morphologique est tout à fait incapable de décider si deux formes sont ou non susceptibles de se croiser. Certaines espèces où les mâles sont très ardents (Oiseaux, Papillons, etc.) peuvent s'hybrider malgré des différences morphologiques considérables. D'autres au contraire, comme celles qui font l'objet de cette Note, bien que de structure identique, refusent de s'accoupler. Les différences physiologiques et psychiques qui empêchent le croisement entre individus

---

(1) *Loc. cit.*

(2) Les œufs de ces femelles, déterminés comme œufs parthénogénétiques, n'ont d'ailleurs pas été fécondés.

provenant de colonies différentes sont le premier pas vers l'isolement de deux espèces distinctes. Des variations morphologiques peuvent, dans certains cas, accompagner ces différences physiologiques, mais elles n'interviennent nullement dans la séparation effective des espèces, comme l'ont soutenu plusieurs naturalistes à la suite de Léon Dufour (1).

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'antisepsie induite ou, autrement dit, sur l'action microbicide exercée à distance, sans contact matériel, sur une dilution bactérienne par une solution très étendue d'hypochlorite de sodium.* Note de MM. **Philippe Bunau-Varilla** et **Emile Techoueyres**, présentée par M. Jean Perrin.

En 1916, l'un de nous (B.-V.) fut amené à rechercher si des doses d'hypochlorite de sodium, inférieures aux doses alors réglementaires (1 à 4^{mg} de chlore par litre), pouvaient avoir l'effet antiseptique désiré sur les eaux potables, sans leur communiquer le goût caractéristique désagréable du chlore.

Des expériences établirent que le dixième du minimum alors réglementaire était surabondant avec des eaux claires et non surchargées de matières organiques, soit 1^{dmg} par litre.

L'assainissement par l'hypochlorite de sodium est généralement conçu comme le résultat de l'oxydation des matières organiques simultanée à la destruction de la molécule d'hypochlorite de sodium.

Or les très faibles doses voisines de 1^{dmg} de chlore par litre, trouvées suffisantes pour l'assainissement, ne sont pas compatibles avec la théorie de l'oxydation, qui exige la mise en œuvre de quantités considérablement plus élevées.

Nous faisons l'hypothèse suivante :

La molécule d'hypochlorite de sodium, en attaquant la matière organique, doit émettre des rayonnements dont l'action est analogue à celle des rayons ultraviolets sur la vie microbienne, créant autour du foyer d'action chimique une zone étendue de destruction de cette vie microbienne.

---

(1) On trouvera un historique détaillé de la question dans le récent travail de Henri Boulangé [*Recherches sur l'appareil copulateur des Hyménoptères et spécialement des Chalastogastres* (*Thèse*, Nancy), 1924].

Le but de cette Note est de rendre compte des résultats des expériences que nous avons entreprises récemment pour la vérifier.

Première série de vérifications (60 expériences). — Si la destruction de la vie microbienne est conforme à l'hypothèse envisagée, les rayonnements semblables aux ultraviolets doivent, comme ceux-ci, traverser les parois d'un vase de quartz. On devra dès lors être en mesure de réaliser l'antisepsie à distance, sans contact matériel.

On infecta de l'eau avec une culture de bacilles d'Eberth ou de colibacilles. D'autre part, on ajouta des doses faibles d'hypochlorite de sodium à cette même eau non infectée. On prit ensuite deux tubes de quartz, l'un de 12^{mm} de diamètre extérieur, l'autre de 18^{mm} de diamètre intérieur; on introduisit le plus petit dans le plus grand. Dans l'espace annulaire fut versée de la dilution bactérienne, sans hypochlorite de sodium. Dans le tube intérieur fut versée de l'eau additionnée d'hypochlorite de sodium. L'équipage des deux tubes fut ensuite plongé dans la même solution étendue d'hypochlorite de sodium.

En même temps, à titre de témoins, étaient réalisées des installations identiques, mais sans présence nulle part d'hypochlorite. Après 24 heures d'exposition aux rayonnements supposés, on ensemençait en gélose une quantité constante de la dilution bactérienne. La même opération était réalisée avec les témoins.

Si le rayonnement supposé existait, on devait trouver moins de colonies avec les ensemencements supposés irradiés qu'avec les témoins non irradiés. Toutefois, étant donnée l'inégale répartition des microbes au sein de la dilution, il fallait s'attendre à ce qu'on vît parfois apparaître dans les tubes irradiés un nombre de colonies supérieur à celui se trouvant dans les tubes non irradiés. On ne devait attendre l'expression de la vérité que de l'ensemble moyen des résultats.

Il y eut 60 expériences; 51 furent conformes à l'hypothèse et 9 contradictoires. Le nombre des colonies produites par les tubes témoins de ces soixante expériences fut de 16207 colonies, alors que les tubes soumis à l'irradiation supposée en donnèrent 11351 seulement, soit une perte de 29,96 pour 100.

Malgré la grossièreté des moyens employés, l'hypothèse se trouva donc confirmée, alors qu'on avait pris tous les moyens pour éliminer toutes causes d'erreur : obturation minutieuse des zones annulaires, interchangement des tubes témoins et des tubes soumis à l'irradiation supposée.

Deuxième série de vérifications (17 expériences). — On prit des tubes de quartz de la dimension des tubes à pipette, soit de 3^{mm} de diamètre intérieur. Deux groupes de cinq tubes furent remplis de dilutions bactériennes. L'un de ces groupes était plongé dans de l'eau additionnée d'hypochlorite de sodium et l'autre dans la même eau non hypochloritée, à titre de témoin. Après 6 heures d'exposition, ensemencement en gélose, comme il est dit ci-dessus.

Sur 17 expériences une seule fut contradictoire avec l'hypothèse, alors que les 16 autres la confirmèrent. Les témoins donnèrent 2956 colonies, alors que les tubes soumis à l'irradiation supposée en donnèrent 2226, soit une perte de 24,60 pour 100.

Certaines de ces expériences furent réalisées à la lumière du laboratoire, d'autres dans une chambre obscure.

Avec la lumière, les tubes témoins donnèrent 1976 colonies, alors que les tubes supposés irradiés en donnèrent 1646, soit une perte de 16,70 pour 100.

Dans l'obscurité, les tubes témoins donnèrent 980 colonies, alors que les tubes supposés irradiés en donnèrent 580, soit une perte de 40,80 pour 100.

On remarqua en outre que la perte est beaucoup plus grande, soit dans la lumière, soit dans l'obscurité, quand la dilution bactérienne contient peu de germes.

Si l'on divise l'ensemble des expériences en deux groupes caractérisés, soit par la grande, soit par la faible densité de la dilution bactérienne et si l'on prend le chiffre de 100 colonies pour la moyenne des tubes témoins comme la limite commune des deux groupes, on trouve :

	Perte pour 100.
Expériences avec moins de 100 colonies au témoin	39
» plus » »	22

Si l'on fait la discrimination, en outre, pour les expériences faites à la lumière ou à l'obscurité, on a :

	Perte pour 100.
Expériences à la lumière et avec moins de 100 colonies au témoin	34
» » plus » »	14
Expériences dans l'obscurité et avec moins de 100 colonies au témoin	52
» » plus » »	39

L'ensemble des chiffres résultant des deux groupes d'expériences confirme bien l'hypothèse énoncée plus haut.

A $15^h 40^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 4 mai 1925.)

Note de Mme *L. Randoin* et M. *E. Lelesz*, Variations comparatives de la glycémie artérielle et de la teneur du foie en glycogène chez le Pigeon normal et chez le Pigeon soumis à un régime déséquilibré par manque de facteur hydro-soluble B :

Page 1368 (Conclusions), ligne 1, *au lieu de* $0^g,90$, *lire* $1^g,90$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT LES TROISIÈME ET QUATRIÈME TRIMESTRES 1924, QUI N'ONT PAS ÉTÉ MENTIONNÉES SUR LES LISTES DES PREMIER ET DEUXIÈME TRIMESTRES. (*Suite.*)

Katalog der schweizerischen Landesbibliothek. Bern.
Kodaikanal Observatory Bulletin. Madras.
Kungliga svenska vetenskaps akademiens arsbock. Stockholm.
Kungliga svenska vetenskaps handlingar. Stockholm.

Lick Observatory Bulletin. Berkeley.
Liste des stations de signaux radiotélégraphiques. Paris.
Livret de l'étudiant. Paris.
London University Gazette. London.
Lowell Observatory Bulletin. Flagstaff.
Lunds universitets arsskrift. Lund.
Lycée Henry IV. Distribution solennelle des prix. Paris.

Matériaux pour l'étude des calamités. Genève.
Meddelanden fran Statens meteorologisk hydrografiska Anstalt. Uppsala.
Meddelelser om Groenland. Kjœbenhavn.
Mededeelingen van het prœfstation voor thee. Buitenzorg.
Medicus (Guide-Annuaire). Paris.
Medycyna doswiadczalna i spoleczna. Varsovie.
Mélanges de l'université Saint-Joseph. Beyrouth.
Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Académie royale de médecine de Belgique. Bruxelles.
Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon. Lyon.
Mémoires de l'Académie des Sciences de Toulouse. Toulouse.
Mémoires de l'Institut national polonais d'économie rurale. Cracovie.
Mémoires de la Société d'émulation du Doubs. Besançon.
Mémoires de la Société des Lettres, Sciences et Arts de Bar-le-Duc. Bar-le-Duc.
Mémoires de la Société des Sciences et Lettres de Loir-et-Cher. Blois.
Mémoires de la Société géologique de France. Paris.
Mémoires de la Société nationale d'agriculture, sciences et arts d'Angers. Angers.
Mémoires de la Société nationale des Sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg. Cherbourg.

Mémoires de la Société royale des Sciences de Bohême. Prague.
Mémoires du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique. Bruxelles.
Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des ingénieurs civils. Paris.
Mémoires présentés à l'Institut d'Egypte. Le Caire.
Memoirs of the american Academy of arts and sciences. Lancaster.
Memoirs of the archæological survey of India. Calcutta.
Memoirs of the british astronomical Association. London.
Memoirs of the college of engineering. Kyoto.
Memoirs of the department of agriculture in India. Pusa.
Memorial de l'Office national météorologique. Paris.
Memorias de la real Academia de ciencias exactas, fisicas y naturales. Madrid.
Memorias del Museo de ciencias naturales de Barcelona. Barcelona.
Memorie della pontificia Accademia romana dei Nuovi Lincei. Roma.
Memorie della reale Accademia delle scienze del' Istituto di Bologna. Bologna.
Memorie della reale Accademia nazionale dei Lincei. Roma.
Memorie della Societa astronomica italiana. Roma.
Merentutkimuslaitoksen julkaisu. Helsingfors.
Meteorological observations taken at Prospect. Bermuda.
Ministerio de Agricultura. Direccion general de Minas (Boletin). Buenos-Aires.
Minutes of proceedings of the Institution of civil engineers. London.
Mitteilungen aus der medizinischen Fakultæt der Kaiserlich japanischen Universitæt. Tokio.
Monatsverzeichnis der an den deutschen Universitæt und technischen Hochschulen erschiennenen Schriften. Berlin.
Monthly meteorological Bulletin. Hongkong.
Monthly seismological Bulletin. Hongkong.
Mouvement (Le) sanitaire. Paris.

Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Gœttingen. Gœttingen.
National physical Laboratory (Collected researches). London.
— *(Report).* London.
National research council of Japan (Publications). Tokyo.
National research council. Organization. Washington.
Nederlandsch Kruidkundig archief. Verslagen en mededeelingen. Amsterdam.
New-York State agricultural experiment station (Bulletin). Geneva.
— *(Technical bulletin).* Geneva.
New-York State Museum Memoir. Albany.

(A suivre.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 2 JUIN 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'iodure de méthylmagnésium sur les éthers de l'α-mononitrile de l'acide camphorique.* Note [1] de MM. **A. Haller** et **F. Salmon-Legagneur.**

Nous avons décrit [2] l'action du bromure de phénylmagnésium sur l'éther méthylique de l'α-mononitrile de l'acide camphorique :



$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CN\\COOCH^3\end{matrix}\right.$$

la présente Note a pour but d'exposer les résultats que nous avons obtenus en faisant agir l'iodure de méthylmagnésium, dans des conditions variées sur un certain nombre d'éthers-sels du même acide α-mononitrile camphorique.

Les éthers qui nous ont servi de matières premières n'avaient pas encore été signalés. Nous les avons préparés par la méthode qui nous a permis d'obtenir l'éther méthylique [2], mais en remplaçant l'alcool méthylique par l'alcool benzylique, le phénate et le crésylate de sodium.

Les constantes physiques de ces différents éthers sont les suivantes :

Éther phénylique $C^{16}H^{19}O^2N$: P. F. = 76°-77°; pouvoir rotatoire dans le benzène, $[\alpha]_D^{22°} = +30°27'$.

Éther orthocrésylique $C^{17}H^{21}O^2N$: P. F. = 99°-100°; pouvoir rotatoire dans le benzène, $[\alpha]_D^{23°} = +25°07'$.

---

[1] Séance du 25 mai 1925.

[2] A. Haller et F. Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 881-886.

Éther paracrésylique $C^{17}H^{21}O^2N$: P. F. $= 96°-97°$; pouvoir rotatoire dans le benzène, $[\alpha]_D^{23°} = +28°53'$.

Éther benzylique $C^{17}H^{21}O^2N$: liquide; ébullition $= 223°$ sous 17^{mm}; pouvoir rotatoire : dans l'alcool absolu, $[\alpha]_D^{20°} = +59°24'$; dans le benzène, $[\alpha]_D^{22°} = +56°31'$.

I. *Action de* CH^3MgI *sur l'éther orthocrésylique au sein de l'éther anhydre.* — Nous avons mis en présence 5 molécules d'organomagnésien pour 1 molécule d'éther orthocrésylique et chauffé le mélange pendant 4 heures au bain-marie.

Le produit de la réaction est ensuite décomposé comme à l'ordinaire, puis distillé. Il passe d'abord à la distillation de l'orthocrésol, puis on isole une fraction, passant de 135° à 180° sous 18^{mm}, que l'on fait cristalliser dans un mélange d'éther et de ligroïne. On obtient alors deux sortes de cristaux de formes tout à fait différentes qu'il est facile d'isoler à la pince. La majeure partie se présente sous forme de gros prismes aplatis de point de fusion 93°-94°, donnant à l'analyse des chiffres correspondant au nitrile alcool tertiaire $C^8H^{14}\begin{cases} CN \\ C\begin{cases} OH \\ (CH^3)^2 \end{cases} \end{cases}$ ou *(métho$_{1'}$éthylol$_{1'}$)$_1$ triméthyl$_{1,2,2}$ méthyl-nitrile$_3$ cyclopentane*, produit normal de la réaction. Ce composé a pour pouvoir rotatoire dans l'alcool absolu $[\alpha]_D^{21°} = +78°15'$, et il donne une phénylméthane fondant à 169°-170°.

La seconde espèce de cristaux est constituée par des petits troncs de pyramide quadratiques qui se subliment sans fondre dès 100° et qui fondent instantanément à 164°. L'analyse leur assigne la formule brute $C^{11}H^{17}ON$; la trop petite quantité de produit isolé ne nous a pas permis jusqu'ici d'établir sa constitution d'une façon définitive.

II. *Action de* CH^3MgI *sur l'éther méthylique au sein de l'éther anhydre.* — En opérant dans les mêmes conditions sur l'éther méthylique, on isole les deux mêmes produits.

III. *Action de* CH^3MgI *sur l'éther méthylique au sein du toluène.* — Nous avons d'abord préparé l'organomagnésien (5^{mol}) en milieu éthéré, puis nous avons ajouté 1^{mol} de l'éther méthylique dissous dans du toluène anhydre. L'éther est chassé par distillation et l'on chauffe la solution toluénique à reflux pendant 12 heures en ayant soin de brasser énergiquement le mélange.

Si, après décomposition par l'eau acidulée du complexe magnésien et lavage approprié de la solution toluénique, on abandonne cette dernière à

l'évaporation, il se dépose peu à peu de fines aiguilles que l'on isole et que l'on purifie par cristallisations répétées dans un mélange d'eau et d'alcool. On obtient alors de longues aiguilles soyeuses fondant à 95°-96° auxquelles l'analyse et les propriétés assignent la formule $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}COCH^3\\ C\left\langle\begin{matrix}OH\\ (CH^3)^2\end{matrix}\right.\end{matrix}\right.$

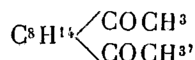
ou (*métho*$_1$,*éthylol*$_{1'}$)$_1$ *triméthyl*$_{1,2,2}$ *acétyl*$_3$ *cyclopentane*.

Ce corps donne une semicarbazone de P. F. = 221-222°; mais, traité par l'isocyanate de phényle, il se déshydrate et donne le composé que nous décrivons ci-dessous.

Si, en effet, on distille la solution toluénique au lieu de la laisser s'évaporer à froid, il se forme, pendant le départ du toluène, une notable quantité d'eau. La distillation est alors continuée sous pression réduite, la majeure partie du produit passe à 144-145° sous 15^{mm}. On recueille ainsi une huile assez mobile à odeur fine et pénétrante et laissant déposer quelques petits cristaux du composé $C^{11}H^{17}ON$ fondant à 164°. L'huile mère rectifiée donne à l'analyse des chiffres répondant à la formule $C^{13}H^{22}O$. Ce composé, de pouvoir rotatoire dans l'alcool absolu

$$[\alpha]_D^{21°} = +40°44',$$

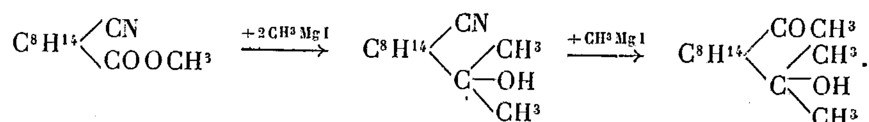
décolore le brome et donne avec la plus grande facilité une oxime (P. F. = 103-104°) et une semicarbazone (P. F. = 229-230°). Nous sommes donc amenés à lui assigner la constitution $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}COCH^3\\ C\left\langle\begin{matrix}=CH^2\\ CH^3\end{matrix}\right.\end{matrix}\right.$, d'ailleurs confirmée par l'oxydation permanganique qui aboutit à une dicétone



$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}COCH^3\\ COCH^3\end{matrix}\right.,$$

huile incolore (ébull. = 154-156° sous 19^{mm}) donnant une disemicarbazone fondant à 305-307° en se décomposant.

Conclusions. — En résumé, nous avons montré que CH^3MgI en solution éthérée donne l'alcool tertiaire correspondant. En milieu toluénique, la fonction nitrile réagit à son tour et l'on obtient une cétone-alcool :



$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CN\\ COOCH^3\end{matrix}\right. \xrightarrow{+2CH^3MgI} C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CN\\ C\left\langle\begin{matrix}CH^3\\ OH\\ CH^3\end{matrix}\right.\end{matrix}\right. \xrightarrow{+CH^3MgI} C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}COCH^3\\ C\left\langle\begin{matrix}CH^3\\ OH\\ CH^3\end{matrix}\right.\end{matrix}\right..$$

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la pluralité des toxines du* Bacillus coli *et sur les bases expérimentales de la sérothérapie anticolibacillaire.* Note de M. **H. Vincent.**

Etudiée par Malvoz, Vaughan, H. Roger, Boix, Haushalter et Spillmann, etc. et surtout par Gilbert, la toxine du *B. coli communis* donne lieu expérimentalement à un ensemble de symptômes disparates, les uns nerveux ou neuro-musculaires, les autres intestinaux. La raison de cette diversité est due à ce que, contrairement à l'opinion admise jusqu'ici, la toxine colibacillaire n'est pas *une*. Elle résulte du mélange de deux toxines différentes. Les conséquences de cette constatation sont importantes.

Mes expériences ont été faites avec un *B. coli* d'origine urinaire (*échantillon* P. 17 de la collection de mon laboratoire), qui m'a servi dans des recherches dont j'ai déjà donné ici l'exposé. Les cultures en bouillon simple ont été filtrées à des âges différents et inoculées soit aux lapins, soit aux cobayes ou à la souris. Le lapin est l'animal de choix pour cette étude. A la suite de ces injections, il meurt tantôt à la suite d'une paralysie débutant par les membres postérieurs, et gagnant les membres antérieurs, enfin les muscles innervés par les centres bulbaires; tantôt à la suite d'une entérite aiguë accompagnée de cachexie; tantôt enfin avec des symptômes qui participent de ces deux formes morbides.

Les lésions d'autopsie sont celles d'une myélite aiguë, avec dégénérescence énorme des cellules des cornes antérieures de la moelle et aussi des cellules des cornes postérieures, amyotrophie intense. Ou bien on observe des lésions considérables de l'intestin grêle qui est fortement injecté, contenant un liquide glaireux, sanglant ou rosé, dans lequel le microscope montre de vastes placards épithéliaux de desquamation.

Ces symptômes et ces lésions, dont je n'indique que sommairement les caractères, sont conditionnés par deux toxines différentes. La première se manifeste plus particulièrement dans les cultures jeunes, bien que la seconde lui soit associée. C'est une *exotoxine*, portant électivement son action sur le système nerveux central : le cerveau, chez le cobaye qui meurt dans la stupeur; la moelle épinière et le bulbe, chez le lapin. Ces symptômes apparaissent souvent 7 heures après l'injection intraveineuse chez le lapin; mais, lorsque la toxine est moins active, la paraplégie, puis la quadriplégie surviennent du quatrième au huitième jour, parfois même après 3 se-

maines; l'évolution en est fatale. Certains animaux ont une contracture tétanique, en opisthotonos, de la colonne vertébrale, dont ils guérissent.

L'*exotoxine* est donc *neurotrope*. Elle manifeste plus spécialement sa présence dans les cultures jeunes de 23 heures à 5 jours.

L'exotoxine résiste à une température de 58° prolongée pendant 1 heure. Par contre, elle est détruite au voisinage de 75°.

Le deuxième poison soluble constaté dans les cultures filtrées est une *endotoxine* observée surtout dans les cultures âgées de 15 à 20 jours, alcalines, d'un P_H dépassant 10, et par conséquent favorisant la lyse microbienne. Cette endotoxine existe déjà dans le protoplasma des bacilles jeunes. En effet, le dépôt centrifugé et lavé à deux reprises d'une culture de 24 heures, puis mis à macérer dans l'eau distillée à la glacière, pendant 13 jours, tue le lapin avec des lésions d'entérite aiguë, vascularisation marquée des parois, desquamation épithéliale et contenu intestinal liquide.

L'endotoxine exerce une action particulièrement nocive sur l'estomac (suffusions sanguines) et surtout sur l'intestin. Cette endotoxine est donc *entérotrope*. Elle est plus thermostabile que l'exotoxine. Elle résiste, en effet, à une température de 90°. Elle est détruite à 95°-98°.

On la sépare, en conséquence, de l'exotoxine neurotrope par le chauffage à 90°, pendant 1 heure, du filtrat de culture en bouillon, âgée de 17 à 20 jours.

Ce filtrat chauffé, injecté dans la veine d'un fort lapin, le tue en 18 heures, à la dose de 4^{cm^3}, avec les lésions intestinales déjà signalées. Un cobaye de 420^g a été tué en 18 heures avec des symptômes et des lésions d'entérite hémorragique intense, intestin hortensia, etc. Les effets en rappellent donc, à la fois, ceux de la dysenterie aiguë et ceux du choléra.

On peut démontrer d'une autre manière l'indépendance des deux toxines. Si l'on vaccine, par injections successives, le lapin ou le cobaye contre l'*endotoxine* (entérotrope) obtenue par chauffage à 90°, le sérum de ces animaux précipite énergiquement cette endotoxine au titre de $\frac{1}{200}$. Or l'injection, à ces animaux ainsi immunisés, du filtrat mixte, mais riche en exotoxine, d'une culture jeune, les tue en 36 heures, en moyenne. Quelques-uns des animaux ont résisté, après avoir eu des symptômes comateux. Un lapin a eu une paraplégie tardive et mortelle.

L'immunisation contre l'endotoxine n'a donc pas protégé contre les effets de l'exotoxine. Ces deux toxines présentent, en conséquence, au point de vue physique, biologique et immunigène, des caractères entièrement différents.

La complexité des produits toxiques contenus dans les cultures du *B. coli* est donc plus grande qu'on ne l'a admis jusqu'ici. Il y a plus. Les corps microbiens eux-mêmes, renferment, après destruction par chauffage prolongé à 100°, une protéine pathogène, car leur injection intrapéritonéale tue la souris en 24 heures à la dose de $0^{cm^3},5$ et sans lésions apparentes; le liquide péritonéal montre, au microscope, des lymphocytes et des globules sanguins.

Ces expériences trouvent leur application dans l'interprétation des symptômes si variés que peut déterminer l'infection colibacillaire. Celle-ci pourrait être la cause passée inaperçue de certaines maladies nerveuses, notamment de paralysies ascendantes aiguës du type Landry. Ces paralysies pourraient, dès lors, être justiciables de la sérothérapie anticolibacillaire.

D'autre part, ces recherches montrent que, pour la préparation du sérum anticolibacillaire, il convient de tenir compte de la pluralité des toxines fabriquées par le *B. coli*. C'est l'un des principes dont je me suis inspiré dans la préparation du sérum thérapeutique dont j'ai ici, précédemment, signalé l'efficacité.

HYDRAULIQUE. — *Au sujet de la vitesse de propagation du coup de bélier dans les conduites en béton armé.* Note (1) de M. DE SPARRE.

Désignons par ε le coefficient de compressibilité du liquide, par ρ sa densité dans les conditions normales, par δ l'allongement linéaire de l'unité de longueur de la partie interne de la section droite de la conduite pour une augmentation ΔP de la pression interne P; on sait (2) que la vitesse a de propagation du coup de bélier est donnée par la formule

$$\frac{1}{a^2} = \rho\left(\frac{2\delta}{\Delta P} + \frac{1}{\varepsilon}\right). \tag{1}$$

Mais si E_1 désigne le coefficient d'élasticité de la matière formant la partie interne de la conduite, m le coefficient de contraction latéral (3), pour une augmentation ΔT_1 de la tension à la surface interne de la conduite, corres-

(1) Séance du 25 avril 1925.

(2) JOUGUET, *Rapport au IIe Congrès de la Houille blanche*, p. 20.

(3) Ce coefficient m est, comme on sait, lié aux coefficients λ et μ de Lamé par la relation $m = \frac{2(\lambda+\mu)}{\lambda}$; il est donc égal à 4 pour $\lambda = \mu$ et à 3 pour $\lambda = 2\mu$, nombres entre lesquels on le suppose généralement compris.

pondant à l'augmentation ΔP de la pression, on a [1]

$$\frac{\delta}{\Delta P} = \frac{\Delta T_1}{E_1 \Delta P}\left(1 + \frac{1}{m}\right)\left(1 - \frac{1}{m} + \frac{\Delta P}{m\,\Delta T_1}\right). \tag{2}$$

Toutefois, s'il s'agit d'une conduite dont l'épaisseur est faible par rapport au rayon, de sorte que $\frac{\Delta P}{\Delta T_1}$ est une fraction assez petite, on pourra négliger $\frac{\Delta P}{m\,\Delta T_1} - \frac{1}{m^2}$ devant l'unité et prendre par suite

$$\frac{\delta}{\Delta P} = \frac{\Delta T_1}{E_1\,\Delta P}. \tag{3}$$

Dans les mêmes conditions, c'est-à-dire si l'épaisseur de la conduite est assez faible, par rapport à son rayon, pour que l'on puisse considérer toute son épaisseur comme subissant un même allongement δ, en désignant par ΔT et $\Delta T'$ les accroissements des tensions T et T' du béton et de l'armature, correspondant à l'accroissement ΔP de la pression, par E et E' leurs coefficients d'élasticité, on aura, d'après ce que nous avons dit,

$$\delta = \frac{\Delta T}{E} = \frac{\Delta T'}{E'}. \tag{4}$$

Mais si e désigne l'épaisseur du béton, e' celle de l'armature [2] et R le rayon de la conduite, son équation d'équilibre donne, dans l'hypothèse où nous nous sommes placés,

$$e\,\Delta T + e'\,\Delta T' = R\,\Delta P. \tag{5}$$

Posons

$$E = \alpha E', \tag{6}$$

nous déduirons des équations (4) et (5)

$$\frac{\delta}{\Delta P} = \frac{\Delta T}{\alpha E'\,\Delta P} = \frac{R}{E'(\alpha e + e')}. \tag{7}$$

Mais, si la partie interne de la conduite est formée par le béton, on a

$$E_1 = E = \alpha E', \qquad T_1 = T$$

---

(1) En remarquant que la longueur de la conduite reste invariable.

(2) Si l'armature est discontinue je suppose qu'on lui substitue fictivement une armature continue dont la masse serait la même, ainsi que le rayon.

et l'on déduit des formules (1), (3) et (7)

$$(8) \qquad \frac{1}{a^2} = \rho\left[\frac{2R}{E'(\alpha e + e')} + \frac{1}{\varepsilon}\right];$$

on arriverait à la même conclusion si la partie interne était formée par l'armature.

Si l'on prend, avec M. Allievi, $\varepsilon = 2,07.10^6$, et, pour l'acier, $E' = 2.10^8$ par décimètre carré, on trouve

$$(9) \qquad a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + H}},$$

où

$$(10) \qquad H = \frac{R}{\alpha e + e'} = \frac{\overline{9900}^2}{a^2} - 48,3.$$

Si l'on connaît α les formules (9) et (10) feront connaître la vitesse de propagation a et réciproquement si l'on détermine par l'expérience la vitesse de propagation a on pourra en déduire la valeur de H et par suite le rapport α des coefficients d'élasticité de l'acier et du béton, on déduit en effet de (10)

$$(11) \qquad \alpha = \frac{R}{eH} - \frac{e'}{e}.$$

On déduit aussi des formules (7) et (10)

$$\frac{\Delta T}{\Delta P} = \alpha H.$$

Si l'on pouvait négliger l'influence du retrait ou de l'allongement du béton à la prise, suivant qu'elle se fait à sec ou dans l'eau, on aurait [1]

$$\frac{\Delta T}{\Delta P} = \frac{T}{P},$$

la tension étant proportionnelle à la pression; mais il n'en sera pas en général ainsi parce que, par suite de l'allongement ou du retrait du béton, suivant que la prise a lieu à sec ou dans l'eau, la tension ne s'annule pas [2] avec la pression intérieure.

Il est indispensable de remarquer que, où il s'agit de conduites à caractéristique variable, il faut tenir compte, dans la détermination expérimentale

(1) On obtiendrait ainsi par expérience la tension T du béton pour une pression P.

(2) Je fais abstraction de la pression atmosphérique.

de a, conformément aux remarques faites par M. Camichel, de la différence entre la vitesse de propagation apparente et la vitesse de propagation réelle.

Tout ce qui précède n'est exact que pour des conduites dans lesquelles le rapport de l'épaisseur au rayon est une fraction assez faible (¹) pour que l'on puisse considérer l'allongement linéaire δ comme le même dans toute l'épaisseur de la paroi de la conduite. On sait que ceci n'est, par contre, pas exact pour les conduites épaisses. Dans ces conduites l'allongement linéaire diminue à mesure que l'on s'éloigne du centre, il est indispensable de tenir compte de ce fait, ainsi que de la position de l'armature, puisque celle-ci s'allonge plus ou moins suivant qu'elle est plus ou moins rapprochée du centre.

Ce sont des points sur lesquels je me propose de revenir ultérieurement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de l'argon dans les gaz de la fermentation alcoolique du glucose.* Note (²) de MM. **Amé Pictet, Werner Scherrer** et **Louis Helfer.**

Pasteur a montré, en 1860 (³), que la fermentation du sucre, sous l'influence de la levure de bière, ne s'accomplit pas intégralement selon l'équation de Gay-Lussac. Il observa que les produits gazeux ne sont pas entièrement absorbés par la potasse; l'anhydride carbonique contient donc un peu d'un gaz étranger. Pasteur semble admettre que ce gaz est de l'azote, mais il n'en donne pas la preuve et il ajoute : Ces expériences mériteraient d'être reprises.

Elles ne l'ont pas été jusqu'à ce jour, à notre connaissance du moins; il nous a paru intéressant de procéder à quelques essais dans ce sens.

Nous avons tout d'abord mis en train une fermentation dans les conditions usuelles : 50^g de glucose pur (Kahlbaum), dissous dans 800^{cm^3} d'eau distillée et préalablement bouillie, 50^g de levure comprimée du commerce (renfermant 69,3 pour 100 d'eau), 10^{cm^3} d'une solution contenant par litre 20^g de nitrate de potasse, 10^g de chlorure de magnésium, 10^g de nitrate de

---

(¹) Ce sera par suite en général le cas de conduites supportant des pressions pas très élevées et donc à caractéristiques peu variables.

(²) Séance du 25 mai 1925.

(³) *Annales de Chimie et de Physique*, 3ᵉ série, 58, 1860, p. 323.

chaux et 10g de phosphate de potasse, l'air du ballon chassé par un courant de gaz carbonique, et le liquide maintenu à la température de 38-40°.

Au bout d'une heure, la fermentation étant en pleine activité, nous avons recueilli une partie du gaz dans un cylindre gradué rempli de mercure. Le volume de ce gaz, réduit à 0° et 760mm, était de $379^{cm^3},3$. Après introduction d'une solution de potasse à 20 pour 100, l'anhydride carbonique a été rapidement absorbé, et il est resté $4^{cm^3},7$ (soit 1,24 pour 100) d'un autre gaz.

Afin de pouvoir déterminer la nature de ce gaz, nous en avons préparé une plus grande quantité en opérant dans les mêmes conditions, à cette différence près que nous avons recueilli le gaz, après son passage dans une solution de potasse, non plus sur le mercure, mais dans un petit gazomètre plein d'eau bouillie. Avec 200g de sucre et 200g de levure humide, nous en avons obtenu, dans l'espace de 48 heures, un peu plus de 2l.

Une première partie de ce gaz a été dirigée sur de l'oxyde de cuivre chauffé au rouge. Le volume est resté le même, et il n'y a pas eu formation d'eau. Donc absence d'hydrogène, d'hydrocarbures ou de tout autre gaz combustible.

Une seconde partie de notre gaz a été mise en contact, dans un tube rempli de mercure, avec une solution alcaline de pyrogallol; absorption rapide, diminution de volume de 27,2 pour 100, correspondant à la teneur du gaz en *oxygène*.

Ce gaz privé d'oxygène nous a servi ensuite au dosage de l'*azote*. Nous l'avons introduit dans un eudiomètre à mercure avec 3-4 fois son volume d'oxygène pur, préparé à l'aide de l'oxyde de mercure. Nous avons fait jaillir l'étincelle, en présence d'une solution de potasse, jusqu'à ce que le volume ne diminuât plus, puis nous avons absorbé l'oyygène en excès par le pyrogallol. Nous avons constaté la présence d'un résidu gazeux, dont le volume représentait 2,6 pour 100 du gaz décarbonaté.

Ce gaz résiduel, ayant résisté à tous les traitements, ne pouvait être que l'un des gaz inertes. Après l'avoir séché sur de l'anhydride phosphorique, nous l'avons introduit dans un tube de Geissler et nous avons examiné son spectre; c'était, de la manière la plus nette, celui de l'*argon*.

Ce résultat inattendu demandait à être confirmé par des expériences plus précises. Les trois gaz que nous avons isolés sont, en effet, ceux de l'air, et leurs proportions respectives (70,2 pour 100 N^2, 27,2 O^2, et 2,6 Ar) ne sont pas très éloignées de celles où ils se trouvent, soit dans l'atmosphère, soit dans l'eau aérée. Il était donc indispensable de reprendre nos expé-

riences en n'opérant que sur du mercure et, dans des conditions excluant toute possibilité de mélange avec l'air extérieur.

Nous avons, à cet effet, construit un appareil, entièrement en verre soudé, dans lequel le ballon de fermentation est relié, d'abord à un flacon laveur contenant une solution de potasse à 33 pour 100, puis à un eudiomètre à mercure, à un tube contenant de l'anhydride phosphorique et quelques feuilles d'or, à un tube de Geissler et enfin à une trompe de Vollmer à vapeur de mercure. Toutes les parties de cet appareil sont munies d'un système de robinets, permettant de les faire fonctionner séparément et de n'avoir pas à les disjoindre pour renouveler les solutions de potasse et de pyrogallate. Une description plus complète paraîtra, avec tous les résultats numériques de nos expériences, dans un autre Recueil.

Ces expériences, que nous avons effectuées en grand nombre, nous ont montré tout d'abord que la quantité des gaz de la fermentation non absorbables par la potasse est loin d'être constante. Elle varie, dans d'assez larges limites, selon des circonstances qu'il nous restera à déterminer (fraîcheur de la levure, rapidité de la fermentation, température, etc.). Il en est de même des proportions relatives de l'oxygène et de l'azote dans le gaz décarbonaté.

Ce qui, en revanche, est constant, c'est la présence de l'argon. Elle n'a fait défaut dans aucun cas. Le spectre que nous avons observé s'est toujours montré exactement superposable au spectre rouge de l'argon retiré de l'air. Nous avons toujours pu en identifier les raies les plus brillantes, en particulier celles qui sont caractérisées par les longueurs d'onde 7056, 6965, 6753, 6676, 6415, 6212, 6034, 5912, 5740, 5651, 5607, 5559, 5496, 5451, 5188.

Nous avons essayé aussi de déterminer la densité de notre gaz résiduel par sa vitesse d'écoulement, prise par rapport à celle de l'oxygène. Nous avons obtenu les chiffres suivants :

Temps d'écoulement pour l'oxygène..........	12,2 secondes
Temps d'écoulement pour notre gaz..........	13,9 secondes

On en déduit la densité de 1,43 (par rapport à l'air) pour notre gaz (densité de l'argon 1,379). Étant donnée la petite quantité de gaz (2^{cm^3}) qui a servi à cette détermination, nous croyons pouvoir considérer ce résultat comme suffisamment concluant.

Il va de soi que nous n'avons pas négligé de procéder à toute une série d'expériences de contrôle destinées à nous assurer, soit de la parfaite étan-

chéité de notre appareil, soit de l'absence d'air dans l'eau ayant servi à préparer les solutions de glucose, de potasse et de pyrogallate, ainsi que dans le ballon de fermentation. Du reste, la variabilité même de la composition du gaz décarbonaté et sa forte teneur en argon suffiraient à prouver que ce dernier gaz n'est pas de provenance atmosphérique.

Estimant avoir réussi ainsi à écarter toutes les causes d'erreur, nous croyons pouvoir conclure de nos observations que, dans la fermentation alcoolique du glucose, il se dégage de l'argon. Il nous restera à rechercher si ce gaz préexiste dans la levure, et sous quelle forme, ou s'il prend naissance au cours de la fermentation, aux dépens de l'une ou de l'autre des substances en présence. Et si cette dernière origine devait se vérifier, il serait difficile de ne pas songer au potassium, qui est radioactif, émet des rayons β, et possède un nombre atomique supérieur d'une unité à celui de l'argon. Nous nous efforcerons de répondre à ces questions dans la suite de nos recherches.

BOTANIQUE. — *Sur le développement d'une algue phéosporée* Leathesia difformis *Aresch*. Note (1) de M. C. SAUVAGEAU.

Le *Leathesia difformis* est commun pendant l'été sur les côtes atlantiques ; son thalle mamelonné, charnu, creux, dépassant souvent 2^{cm}, le caractérise facilement, mais on ignore complètement sous quelle forme il passe le reste de l'année. Les auteurs le citent sur des Algues d'une certaine taille (*Furcellaria*, *Chondrus*, *Ahnfeltia*, etc.) et sur les rochers. A Guéthary, il est exceptionnel sur ces Algues et fréquent sur les rochers exposés. Il y apparaît en avril, sur les gazons ras d'Algues courtes ou appliquées (*Polysiphonia*, *Corallina mediterranea*, fragments d'*Halopteris scoparia*, etc.), en petites boules, souvent aussi rapprochées les unes des autres que si elles provenaient d'un thalle prolifère caché dans ces gazons. Ces jeunes individus sont néanmoins sans relation entre eux ; ils proviennent vraisemblablement d'un essaimage de germes effectué de peu de distance, et assez récent, car les constituants des gazons se sont renouvelés, au moins en partie, depuis septembre, époque à laquelle disparaît le *Leathesia*. Il est possible que les individus adultes, en apparence fixés sur les rochers, soient épiphytes dans leur jeune âge.

D'après Thuret (2) qui en a donné de beaux dessins, les sporanges pluri-

(1) Séance du 18 mai 1925.

(2) G. THURET, *Recherches sur les zoospores des Algues* (*Ann. Sc. nat.*, *Bot.*, 3e série, 14, 1850, p. 237).

loculaires seraient beaucoup plus communs que les sporanges uniloculaires, et il n'a jamais trouvé les deux sortes d'organes sur la même fronde; il a figuré (*loc. cit.*, pl. XXVIII, fig. 11 et 12) les zoospores des sporanges pluriloculaires et le tout premier état de leur germination.

J'ai recherché les organes reproducteurs seulement en fin de saison. Les quelques individus récoltés le 26 août 1923 portaient à la fois les deux sortes d'organes mélangés. Le 10 septembre suivant, la plante était devenue très rare, et tous les individus examinés possédaient uniquement des sporanges pluriloculaires; ce fut aussi le cas de sept individus examinés le 30 août 1924 et de trois individus examinés le 15 septembre suivant. Mes cultures ont été réalisées avec l'un des individus récoltés le 30 août.

La déhiscence s'effectue dès le matin et les zoospores se fixent autant du côté de la fenêtre que du côté opposé. Les embryospores, arrondies, d'environ 6^{μ}, ont un chromatophore plus ou moins discoïde muni d'un point rouge marginal très net. La germination commence aussitôt par un tube large de 3^{μ} à 4^{μ}. Alors que ce tube est déjà cloisonné transversalement et élargi, l'embryospore en émet assez fréquemment un second, à l'opposé du premier, ou formant avec celui-ci un V plus ou moins ouvert, et chacun d'eux s'accroît par son sommet; chaque cellule renferme un chromatophore en plaque.

Mes cultures se développèrent d'abord assez lentement, puis si rapidement que des plantules âgées de 22 jours (1er au 22 septembre) étaient déjà fructifiées. Chaque plantule se compose d'un thalle rampant où les filaments primaires, issus de l'embryospore et un peu élargis, ont émis des rameaux latéraux, souvent perpendiculaires et eux-mêmes ramifiés, dont le nombre augmente sans cesse, et qui souvent se contournent de manière à combler les vides laissés entre eux. Si l'accroissement des filaments primaires est rapide par rapport à celui de leurs rameaux, le thalle rampant est allongé; si au contraire les rameaux s'allongent rapidement, son pourtour est presque circulaire et certains thalles rampants, compacts et sans vides, dépassaient 100^{μ} de diamètre.

Il devient d'ailleurs difficile de distinguer les thalles rampants provenant d'une embryospore isolée ou de deux ou trois embryospores voisines. Une cellule des filaments primaires peut émettre deux et même trois rameaux rampants contigus; d'ailleurs, la ramification, qui se produit généralement des deux côtés des filaments, est parfois unilatérale. Cependant, la ramification n'est pas toujours aussi serrée; certains rameaux irradient et une même lame de culture présente parfois un mélange de thalles rampants compacts

et de thalles lâches à rameaux irradiés. Toutes ces cellules sont courtes, avec un chromatophore en plaque irrégulière, plus large que le diamètre de la cellule et par suite un peu replié sur les bords; la cellule du sommet des filaments, plus longue et moins foncée, possède deux sinon trois chromatophores.

Certains thalles rampants, peu ou point ramifiés, et moins adhérents au verre, fructifient plus tôt et plus complètement que les autres, et dès le 22 septembre nombre d'entre eux étaient entièrement transformés en files de courts sporanges pluriloculaires, pleins ou vidés, dirigés dans tous les sens (¹). Sur les autres, les sporanges apparaissent d'abord sur les filaments primaires puis sur les rameaux; ou bien, quand un rameau, soit à cause de sa direction, soit par suite du manque de place libre, rampe sur les autres rameaux, il fructifie généralement plus tôt que les rameaux adhérents au verre. Une cellule fertile émet une protubérance dressée ou oblique; si celle-ci reste courte, forme simplement un bec de déhiscence, le sporange a une seule logette, ce qui est assez fréquent; si elle s'allonge davantage, elle fournit un sporange de 2 à 4 logettes superposées. Chaque logette renferme une zoospore munie d'un unique chromatophore. Je n'ai pas vu les zoospores à l'état de mouvement; elles sont vraisemblablement identiques à celles de la plante adulte, car les embryospores de seconde génération ne paraissent pas différer de celles de première génération; je n'ai toutefois pas eu le loisir de rechercher si elles avaient un ou deux points rouges.

Une semaine plus tard (28 septembre) apparaissaient de nombreux poils munis d'une gaine basilaire; la fructification envahissait le thalle rampant en constituant des sores denses de sporanges pluriloculaires souvent plus longs que les premiers parus et montrant jusqu'à dix logettes. Ultérieurement, les plantules s'élargirent peu, en restant monostromatiques, les sores s'étendirent et confluèrent, et un observateur non prévenu aurait pu les confondre avec un *Myrionema*. Puis, en novembre, les thalles rampants, qui jusque-là adhéraient à la lame, se soulevèrent, adhérant à peine par leur bord; le moindre contact les détachait. J'en possédais encore à la fin de février, mais dépéris, ayant depuis quelques semaines atteint le terme de leur végétation, et il n'est pas douteux, si les choses se passent de même

(¹) Ces plantules réduites, à fructification précoce, paraissent imparfaitement comparables aux filaments ectocarpoïdes que j'ai signalés chez des *Castagnea* et *Ascocyclus* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1381 et 1576); s'il y a hétéroblastie, elle est ici moins nette, car l'on voit tous les passages entre ces plantules réduites et les thalles rampants compacts.

dans la nature, que les mouvements de l'eau auraient depuis longtemps détaché ces plantules de leur support et les auraient entraînées au loin.

Cependant, dès le 22 septembre, quelques germinations de seconde génération se montraient dans les cultures, puis elles devinrent de plus en plus nombreuses et certaines lames en furent même encombrées. Elles ressemblent, au début, à celles de première génération, mais les rameaux rampants plus espacés, laissent entre eux de larges vides. Il s'en est élevé des filaments irréguliers, plus ou moins ramifiés, mélangés de quelques poils, leur donnant un aspect en broussaille tout différent de celui des plantules de la précédente génération. En outre, leurs cellules sont notablement plus longues, pourvues d'un chromatophore occupant seulement une faible portion de leur longueur. En novembre, des sporanges pluriloculaires, identiques à ceux de première génération, apparurent sur les filaments rampants; je n'en ai point vu sur les filaments en broussaille; leurs zoospores sont capables de germination filamenteuse, mais j'en connais seulement le début. Leur période de reproduction semblait terminée à la fin de février; certains filaments rampants (peut-être après fructification?) bourgeonnaient alors de toutes parts, constituant des sortes d'étroits cordons dont je n'ai pu suivre le développement ultérieur, mes cultures étant mortes quand je les examinai en avril.

En résumé, si le rôle des sporanges uniloculaires du *Leathesia difformis* est encore ignoré, il paraît certain que ses sporanges pluriloculaires n'engendrent pas directement de nouveaux *Leathesia*. Leurs zoospores produisent des plantules à thalle filamenteux monosiphonié, ou rampant monostromatique, promptement fertiles, fournissant des plantules de seconde génération d'une autre forme. Je n'ai pu déterminer si celles-ci, par leur bourgeonnement après fructification, engendrent un *Leathesia*, ou si le *Leathesia* apparaît aux dépens d'une génération ultérieure.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° E. G. Mariolopoulos. *Étude sur le Climat de la Grèce. Précipitation. Stabilité du climat depuis les temps historiques.* (Présenté par M. G. Bigourdan.)

2° L. Potin. *Formules et tables numériques relatives aux fonctions circulaires, hyperboliques, elliptiques.* (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

3° *Faune de France : 9. Amphipodes*, par Ed. Chevreux et Louis Fage. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

M. **H. Piéron** adresse un Rapport relatif à l'emploi des fonds qui lui ont été accordés sur la *Fondation Loutreuil* en 1924.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Généralisation des nombres de Cauchy.* Note [1] de M. **Benjamin Jekhowsky**, présentée par M. Appell.

En cherchant à généraliser les travaux de MM. J. Bourget et H. Bourget [2] sur les nombres de Cauchy et en partant du produit des fonctions Gauss qui a été considéré par M. Appell [3] et généralisé par M. Lauricella [4], savoir :

$$(1)\quad \begin{aligned} &F(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n;\, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_n;\, \gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n;\, x_1, x_2, \ldots, x_n) \\ &= \sum \frac{(\alpha_1, \lambda_1)(\beta_1, \lambda_1)(\alpha_2, \lambda_2)(\beta_2, \lambda_2)\ldots(\alpha_n, \lambda_n)(\beta_n, \lambda_n)}{(1, \lambda_1)(1, \lambda_2)\ldots(1, \lambda_n)(\gamma_1, \lambda_1)(\gamma_2, \lambda_2)\ldots(\gamma_n, \lambda_n)} x_1^{\lambda_1} x_2^{\lambda_2} \ldots x_n^{\lambda_n} \end{aligned}$$

où la sommation doit s'étendre à toutes les valeurs entières des λ_1, λ_2, ..., λ_n depuis zéro jusqu'à l'infini, je suis parvenu à l'expression suivante :

$$(2)\quad \begin{aligned} \mathfrak{N}_{-s,\mu_n,\nu_n} &= F\begin{pmatrix} -\nu_1, -\nu_2, \ldots, -\nu_n;\, -\varkappa_1, -\varkappa_2, \ldots, -\varkappa_n; \\ \mu_1 - \varkappa_1 + 1;\, \mu_2 - \varkappa_2 + 1, \ldots, \mu_n - \varkappa_n + 1;\, x_1, x_2, \ldots, x_n \end{pmatrix} \\ &\quad \times \Pi_n \frac{\Gamma(\mu_n - \varkappa_n)}{\varkappa_n \Gamma(\mu_n)\Gamma(\varkappa_n)}. \end{aligned}$$

Elle montre que N_{-s,μ_n,ν_n} est le coefficient de e^0, e étant la base des logarithmes népériens, dans le développement du produit

$$(3)\quad U = \Pi_n 2^{\mu_n+\nu_n} i^{\nu_n} (\cos s_n \varphi - i \sin s_n \varphi) \cos^{\mu_n} n\varphi \sin^{\nu_n} n\varphi,$$

---

(1) Séance du 25 mai 1925.

(2) J. Bourget, *Annales de l'Observatoire de Paris*, 7, 1863, p. 300; H. Bourget, *Bulletin astronomique*, 22, 1905, p. 225.

(3) Appell, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 3e série, 8, 1882, p. 173-216.

(4) Lauricella, *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, 8, 1893, p. 111-158.

ce qui exige que

$$(4) \qquad \sum_{n=0}^{n=n} i\varphi[n(\mu_n+\nu_n)-s_n] = 2n\varkappa_n \qquad (\varkappa = 0, 1, 2, \ldots)$$

avec $x_1 = x_2 = \ldots = x_n = -1$, la fonction F étant un polynome hypergéométrique.

Pareillement aux nombres classiques de Cauchy, les nombres donnés par (2) ont les propriétés suivantes : d'après l'expression (3) et (4), on voit que si $2n\varkappa_n = 0$, on obtient

$$\mathfrak{N}_{-s,\,\mu_n,\,\nu_n} = 1;$$

de même, si s change de signe, on aura

$$\mathfrak{N}_{-s,\,\mu_n,\,\nu_n} = (-1)^{\nu_1+\nu_2+\ldots+\nu_n}\mathfrak{N}_{s,\,\mu_n,\,\nu_n}.$$

Le nombre $\mathfrak{N}$ peut être exprimé à l'aide d'une intégrale définie qui conduit d'après l'expression (3) à une forme de la transcendante Fourier-Bessel à plusieurs variables *généralisée*.

En nous bornant à ces indications générales, nous remarquerons qu'il existe une liaison entre les nombres de Cauchy et les moments(¹) tels qu'ils sont considérés dans la question de l'interprétation géométrique de la méthode des moindres carrés.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété caractéristique des fonctions orthogonales.* Note (²) de M. **Stefan Banach**, présentée par M. E. Goursat.

Soit $\{f_n\}$ une suite complète de fonctions continues, normales et orthogonales. Soit $\{\alpha_n\}$ une suite des coefficients d'une fonction continue φ, obtenus par l'intermédiaire de la suite $\{f_n\}$. Soit enfin E l'ensemble de toutes les suites $\{\alpha_n\}$ correspondant à toutes les φ continues possibles. Il est clair que deux suites $\{f_n\}$ et $\{\varphi_n\}$ peuvent engendrer le même ensemble E. Nous voulons pourtant démontrer que la seule connaissance de l'ensemble E et de la suite $\{\alpha_n\}$ suffit pour établir si la série $\Sigma\, \alpha_n f_n$ converge uniformé-

(¹) Voir V. Romanovski, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1320. — Voir aussi G. Demetrescu, *Bull. astr.*, 4, fasc. IV, 1924, p. 395.

(²) Séance du 4 mai 1925.

ment, même si la suite $\{f_n\}$ n'est pas connue, pourvu qu'elle engendre l'ensemble E. C'est-à-dire que les séries $\Sigma\alpha_n f_n$ et $\Sigma\alpha_n\varphi_n$ sont en même temps convergentes uniformément ou non pourvu que les suites $\{f_n\}$ et $\{\varphi_n\}$ engendrent le même ensemble E.

Des théorèmes pareils sont encore valables dans d'autres champs fonctionnels d'un caractère plus général.

1. Considérons une fonctionnelle $U(x)$ qui, à chaque fonction continue $x(t)$, fait correspondre une fonction continue $y(t)$. La fonctionnelle $U(x)$ est continue si, en posant $\|x\| = \max|x(t)|$, $\lim_{n\to\infty}\|x_n - x\| = 0$ entraîne $\lim_{n\to\infty}\|U(x_n) - U(x)\| = 0$. La fonctionnelle est dite linéaire si l'on a $U(x_1 + x_2) = U(x_1) + U(x_2)$ quels que soient x_1 et x_2.

On peut démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME I[1]. — *Si* $U(x)$ *est une fonctionnelle linéaire et si* $\lim_{n\to\infty}\|x_n - x\| = 0$ *implique* $\underline{\lim}\,\|U(x_n)\| \geqq \|U(x)\|$, *la fonctionnelle* $U(x)$ *est continue.*

Le même théorème est vrai, en supposant que $x(t)$ et $y(t)$ sont des fonctions de la $(1+p)^{\text{ième}}$ puissance sommable $(p \geqq 0)$ et en posant

$$\|x\| = \sqrt[1+p]{\int_0^1 |x(t)|^{1+p}\,dt}.$$

THÉORÈME II. — *Si* $\{\varphi_n\}$ *et* $\{\psi_n\}$ *sont deux suites complètes de fonctions continues, orthogonales et normales et si, à chaque fonction continue* $x(t)$, *on peut faire correspondre une fonction continue* $y(t)$ *telle que pour tout* n

$$\int_0^1 x(t)\,\varphi_n(t)\,dt = \int_0^1 y(t)\,\psi_n(t)\,dt,$$

la convergence uniforme de la série

$$\sum_{n=1}^{\infty}\alpha_n\varphi_n(t)$$

entraîne celle de la série

$$\sum_{n=1}^{\infty}\alpha_n\psi_n(t),$$

quelle que soit la suite de nombres $\{\alpha_n\}$.

(1) Ce théorème est démontré dans ma Thèse *Sur les opérations dans les ensembles abstraits et leur application aux équations intégrales* (*Fundamenta Mathematicæ*, 3, 1922, p. 243).

Démonstration. — Posons $y(t) = U[x(t)]$. Il est clair que la fonctionnelle U est linéaire. Puisque $\psi_n = U(\varphi_n)$,

$$\int_0^1 [x_1 - x_2]^2\, dt = \int_0^1 [U(x_1) - U(x_2)]^2\, dt.$$

Donc, si $\lim_{n \to \infty} \| x_n - x \| = 0$, on a

$$\lim_{n \to \infty} \int_0^1 [U(x_n) - U(x)]^2 = 0$$

et par conséquent

$$\varliminf_{n \to \infty} \| U(x_n) \| \geqq \| U(x) \|.$$

Or cette inégalité, d'après le théorème I, prouve que U est continue. Puisque $U\left(\sum_{i=1}^{n} \alpha_i \varphi_i\right) = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \psi_i$, la convergence uniforme de la série $\sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \varphi_n$ entraîne celle de la série $\sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \psi_n$. Le théorème est donc démontré.

2. Soit $\{\varphi_n\}$ une suite complète de fonctions orthogonales, normales, sommable de la $(l+p)^{\text{ième}}$ puissance $(p > 0)$. Supposons en outre que chaque fonction f sommable de la $\left(l + \frac{1}{p}\right)^{\text{ième}}$ puissance soit presque partout nulle, si l'on a pour tout n, $\int_0^1 f\varphi_n = 0$. En s'appuyant sur un théorème de M. F. Riesz ([1]), on peut maintenant démontrer le lemme suivant : *Si la fonction f et les fonctions d'une suite $\{f_n\}$ sont des fonctions sommables*

([1]) F. Riesz, *Untersuchungen über Systeme integrierbarer Funktionen* (*Math. Annalen*, 69, 1910, p. 469-467) : si p et M sont deux nombres positifs et si $\{\varphi_n\}$ est une suite de fonctions telle que $\int_0^1 |\varphi_n|^{1+p} \geqq M$, il existe une suite partielle $\{\varphi_{n_k}\}$ et une fonction φ telle que : 1° $\int_0^1 |\varphi|^{1+p} \leqq M$; 2° pour chaque fonction f de la $\left(l + \frac{1}{p}\right)^{\text{ième}}$ puissance sommable on a

$$\lim_{k \to \infty} \int_0^1 f\varphi_{n_k} = \int_0^1 f\varphi.$$

de la $\left(l+\frac{1}{p}\right)^{ième}$ *puissance, et si l'on a, pour tout* i,

$$\lim \int_0^1 f_n \varphi_i = \int_0^1 f \varphi_i,$$

alors

$$\underline{\lim} \int_0^1 |f_n|^{1+\frac{1}{p}} \geqq \int_0^1 |f|^{1+\frac{1}{p}}.$$

En s'appuyant sur le lemme précédent, on peut maintenant démontrer, de la même manière que le théorème II, le théorème suivant :

Si $\{\varphi_n\}$ *et* $\{\psi_n\}$ *sont deux suites qui remplissent les conditions du lemme et si à chaque fonction* $x(t)$ *sommable de la* $\left(l+\frac{1}{p}\right)^{ième}$ *puissance on peut faire correspondre une fonction* $y(t)$ *sommable de la* $\left(l+\frac{1}{p}\right)^{ième}$ *puissance telle que pour tout* n

$$\int_0^1 x(t)\varphi_n(t)\,dt = \int_0^1 y(t)\psi_n(t)\,dt,$$

la convergence en moyenne par $\left(l+\frac{1}{p}\right)^{ième}$ *puissance de la série* $\sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \varphi_n$ *entraîne celle de la série* $\sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \psi_n$.

Remarque. — On peut énoncer de pareils théorèmes pour *les divers procédés* sommatoires.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les groupes discontinus des substitutions linéaires*. Note de M. **P.-J. Myrberg**, présentée par M. Émile Borel.

On sait que tout groupe de substitutions linéaires réelles d'une variable complexe est proprement discontinu en dehors de l'axe réel, dès qu'il ne contient pas de substitutions infinitésimales. Ce résultat peut être considéré comme cas particulier d'un théorème général concernant certains groupes très étendus de substitutions d'un nombre quelconque de variables.

Soit dans l'espace à $2n$ dimensions avec des coordonnées homogènes y_1, y_2, ..., y_{n+1} un domaine D (connexe ou non) jouissant de cette propriété qu'il existe un système de $n+1$ hyperplans,

$$\sum_{k+1}^{n+1} c_{ik} y_k = 0, \tag{1}$$

sans points communs et ne renfermant aucun point intérieur de D. *Tout groupe de substitutions linéaires*

(2) $$y'_i = \sum_{n=1}^{n+1} \alpha_{ik} y_k \qquad (i = 1, 2, \ldots, n+1)$$

transformant D *en lui-même est alors proprement discontinu dans ce domaine, dès qu'il ne contient pas de substitutions infinitésimales.* Ce théorème est une conséquence de certaines propriétés élémentaires des suites infinies de substitutions linéaires que nous traiterons plus en détail dans un travail ultérieur.

On trouve les applications les plus importantes du théorème précédent parmi les groupes de substitutions linéaires transformant en elle-même une forme ordinaire ou hermitienne. Soit d'abord $\varphi(y_1, y_2, \ldots, y_{n+1})$ une forme ordinaire réelle. Nous considérons l'ensemble (T) des hyperplans tangents réels de la multiplicité $\varphi = 0$ et nous supposons qu'il existe dans l'espace $(y_1, y_2, \ldots, y_{n+1})$ des points situés en dehors de (T). Ces points forment alors un domaine $B(\varphi)$ qui satisfait en général à notre condition imposée plus haut au domaine D. $B(\varphi)$ sera évidemment transformé en lui-même par chaque substitution réelle laissant la forme φ invariable. On en conclut, en vertu du théorème ci-dessus, que tout groupe de substitutions réelles linéaires transformant φ en elle-même est proprement discontinu dans le domaine $B(\varphi)$, dès qu'il ne renferme pas de substitutions infinitésimales.

Les formes réelles quadratiques nous fourniront les exemples les plus remarquables. Chaque forme de ce genre est réellement équivalente à une forme du type

(3) $$\varphi_0 = \sum_{i=1}^{p} y_i^2 - \sum_{k=p+1}^{p+q} y_k^2 \qquad \begin{pmatrix} p+q=n+1 \\ p \geqq q \end{pmatrix},$$

ou $-\varphi_0$. Le domaine $B(\varphi_0)$ existe pour $q = 1$ et $q = 2$. Dans le premier cas, il est défini par l'inégalité

(4) $$y_1\overline{y_1} + \ldots + y_n\overline{y_n} - y_{n+1}\overline{y_{n+1}} < |y_1^2 + \ldots + y_n^2 - y_{n+1}^2|,$$

pour $n > 2$, et par

(5) $$y_1\overline{y_1} + y_2\overline{y_2} - y_3\overline{y_3} \lessgtr |y_1^2 + y_2^2 - y_3^2|,$$

pour $n = 2$. Dans le cas $q = 2$ on a l'égalité

(6) $$y_1\overline{y_1} + \ldots + y_{n-1}\overline{y_{n-1}} + y_n\overline{y_n} - y_{n+1}\overline{y_{n+1}} < -|y_1^2 + \ldots + y_{n+1}^2 - y_n^2 - y_{n+1}^2|,$$

pour $n > 3$, et

$$(7) \qquad (y_1\overline{y_1}+y_2\overline{y_2}-y_3\overline{y_3}-y_4\overline{y_4})^2 > |y_1^2+y_2^2-y_3^2-y_4^2|^2,$$

pour $n=3$. Les domaines (4) et (6) sont d'un seul tenant, tandis que les domaines (5) et (7) se composent chacun de trois parties distinctes.

Les résultats obtenus ci-dessus s'appliquent immédiatement aux formes hermitiennes et aux groupes de substitutions linéaires complexes transformant une telle forme en elle-même; on doit alors prendre pour (T) l'ensemble des hyperplans tangents réels ou complexes de la multiplicité correspondante $\varphi = 0$. Appliqué à la forme quadratique

$$(8) \qquad \varphi = y_1\overline{y_1}+\ldots+y_n\overline{y_n}-y_{n+1}\overline{y_{n+1}},$$

notre théorème prouve immédiatement la discontinuité propre des groupes hyperfuchsiens à l'intérieur d'hypersphère $\varphi = 0$.

Parmi les groupes auxquels notre théorème est applicable, nous citerons encore les groupes des invariants arithmétiques, que nous avons étudiés dans une Note récente (¹). Le domaine analogue au $B(\varphi)$ est alors limité par l'ensemble des hyperplans osculateurs d'une certaine multiplicité algébrique, qui, dans le cas des formes binaires, se réduit à une courbe normale rationnelle.

Nous nous sommes borné ci-dessus aux groupes linéaires. Les résultats indiqués plus haut s'appliquent cependant aux cas remarquables des groupes crémoniens, à savoir ceux qui sont contenus comme sous-groupes dans des groupes finis continus et dont les groupes hyperabéliens fournissent l'exemple le plus simple.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un appareil de réduction microscopique dénommé « Pangrafic »*. Note (²) de M. C. **Dévé**, présentée par M. J. Breton.

Le principe des parallélogrammes articulés, sur lequel sont basés les pantographes, a l'inconvénient d'impliquer de nombreuses articulations. Les pantographes de précision, d'un prix élevé, sont exempts de flexions nuisibles et les jeux de leurs articulations sont extrêmement faibles; cependant tous ces jeux, pouvant s'ajouter dans le même sens, risquent de faire un

(¹) *Sur les invariants arithmétiques* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1088).

(²) Séance du 25 mai 1925.

total appréciable; il est indispensable que ce total soit petit par rapport aux plus petits détails à tracer; il s'ensuit que le taux de réduction est assez limité.

Je me suis proposé de construire un instrument réducteur sans articulation, précis, simple et par suite d'un prix peu élevé.

Le pangrafic se compose essentiellement d'une tige légère et rigide (fléau) portant une pointe à tracer (diamant) et un curseur pour suivre le tracé à reproduire. Cette tige présente une fente longitudinale dans laquelle entre très librement un pivot fixé à la table de l'instrument. Le curseur, que l'on conduit à l'aide d'une sorte de crayon dont l'extrémité est terminée par une petite rotule, se déplace sur un pupitre fortement incliné sur la ligne « curseur-diamant ».

Lorsqu'on fait tourner le curseur autour du pivot, le diamant décrit un chemin homothétique du chemin du curseur dans le rapport de réduction des lignes pivot-diamant et pivot-curseur.

Quand on déplace le curseur de haut en bas sur le pupitre, le diamant, qui repose sur la pièce à graver, y trace une ligne d'autant plus courte que la pente du pupitre est plus forte. On peut choisir une pente telle que la réduction produite par elle soit précisément égale au rapport des lignes pivot-diamant et pivot-curseur. Dans ce cas, un petit cercle tracé sur le pupitre engendre sur la pièce à graver un petit cercle réduit. On obtient non pas une figure rigoureusement semblable, mais une transformation homographique, qui peut se rapprocher beaucoup de la similitude si l'on choisit convenablement les paramètres de l'homographie; ces paramètres sont : le rapport de réduction, l'inclinaison du pivot et sa forme, qui peut être légèrement courbe, l'inclinaison de la pièce à graver, l'inclinaison du pupitre et surtout la forme du pupitre, qui, pour être facile à construire, doit être une portion de sphère ou de tore. La déformation de la pièce gravée est tout à fait analogue à celle d'une image optique : un choix convenable des paramètres peut corriger la distorsion dans un champ étendu. Les pangrafics réalisant une similitude satisfaisante conviennent, par exemple, aux miniaturistes.

Au lieu de corriger la distorsion, on peut aussi l'accentuer dans un sens déterminé. Ainsi a été réalisé le pangrafic à l'usage des opticiens, construit pour permettre de graver sur les verres de lunetterie, en caractères à peine visibles, les caractéristiques des verres (dioptries, axe des cylindres, etc.). Toute écriture tracée parallèlement aux bords transversaux du pupitre est gravée sur un arc de cercle centré sur le verre et les

lettres sont d'autant plus petites que la ligne est située plus près du centre.

L'application la plus scientifique de l'invention me paraît être son adaptation aux machines à diviser les règles et limbes de précision. Un Pangrafic spécial établi au taux de réduction de $\frac{1}{20}$ m'a permis de tracer 200 traits dans l'intervalle de 1^{mm}, d'apposer ma signature dans le même intervalle et d'y inscrire 10 chiffres bien lisibles côte à côte. Dans un champ microscopique de 1^{mm} on peut être assuré de voir toujours 3 chiffres, le chiffre des millimètres au-dessus de la graduation et les chiffres des dixièmes (0, 2, 4, 6, 8) au dessous, chacun de ces chiffres étant tracé après le trait correspondant et sans soulever le diamant, en sorte que tous les chiffres sont attachés à leur trait. Cette disposition ne laisse plus d'incertitude dans les lectures.

Enfin les pangrafics sont susceptibles d'agrandir un tracé microscopique. Pour cela, on remplace la pointe à tracer par une loupe Stanhope portant à son extrémité inférieure légérement courbe un repère tracé au diamant. Cette loupe permet de suivre le tracé microscopique pendant qu'on conduit le fléau par son curseur, le curseur étant agencé de façon à pointer sur le pupitre.

Comparés aux pantographes, les pangrafics présentent les différences essentielles suivantes :

Ils ne réalisent la similitude que dans un champ limité, mais se prêtent aux transformations homographiques les plus variées. Ils sont plus simples, moins encombrants, et, par suite, moins chers, quoique la finesse des détails qu'ils peuvent graver ne soit limitée que par la finesse de la pointe du diamant, tandis que la finesse des détails gravés avec des pantographes est limitée par les jeux de nombreuses articulations.

Cette précision jointe à l'extrême légèreté du fléau, qui ne surcharge pas d'une façon appréciable le crayon conducteur, permet de graver, à la vitesse de l'écriture courante, des écritures et des signatures ayant des caractères incontestables d'authenticité.

Enfin la possibilité de graver une centaine de lettres ou chiffres dans 1^{mm^2} ouvre peut-être aux pangrafics des applications imprévues.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Variations de la polarisation de Mars au cours d'une perturbation atmosphérique.* Note (¹) de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Deslandres.

J'ai montré (²) que la polarisation de Mars a subi, entre l'opposition du 10 juin 1922 et la quadrature suivante, des variations presque identiques à celles de la Lune. Une nouvelle série de mesures, faites pour la plupart avec le grand équatorial de l'Observatoire de Meudon, à partir de la quadrature occidentale d'avril 1924, a d'abord confirmé ces résultats.

Depuis cette date, la polarisation moyenne des régions centrales de la planète passa deux fois par une série de valeurs très voisines de celles de 1922 bien qu'un peu inférieures, sans qu'aucune anomalie ait été constatée jusqu'en décembre, mais, à cette époque, la proportion de lumière polarisée qui était vers le centre de 26 millièmes le 6 décembre descendit le 8 à 21 millièmes sans aucune cause apparente, et le 19, après quelques jours de mauvais temps, j'ai retrouvé Mars voilé par une brume épaisse laissant à peine deviner les mers qui étaient au contraire intenses et visibles jusqu'au bord lors des observations précédentes; le polarimètre n'accusait plus que 9 millièmes. Ce voile persista pendant un mois sur toutes les longitudes.

Le 18 janvier les détails réapparaissaient, couverts d'une légère brume et la polarisation atteignait à nouveau 15 millièmes (³). Cette éclaircie dura jusqu'à la fin des observations et les deux dernières mesures du 17 février et du 13 mars redonnèrent les chiffres correspondants de 1922.

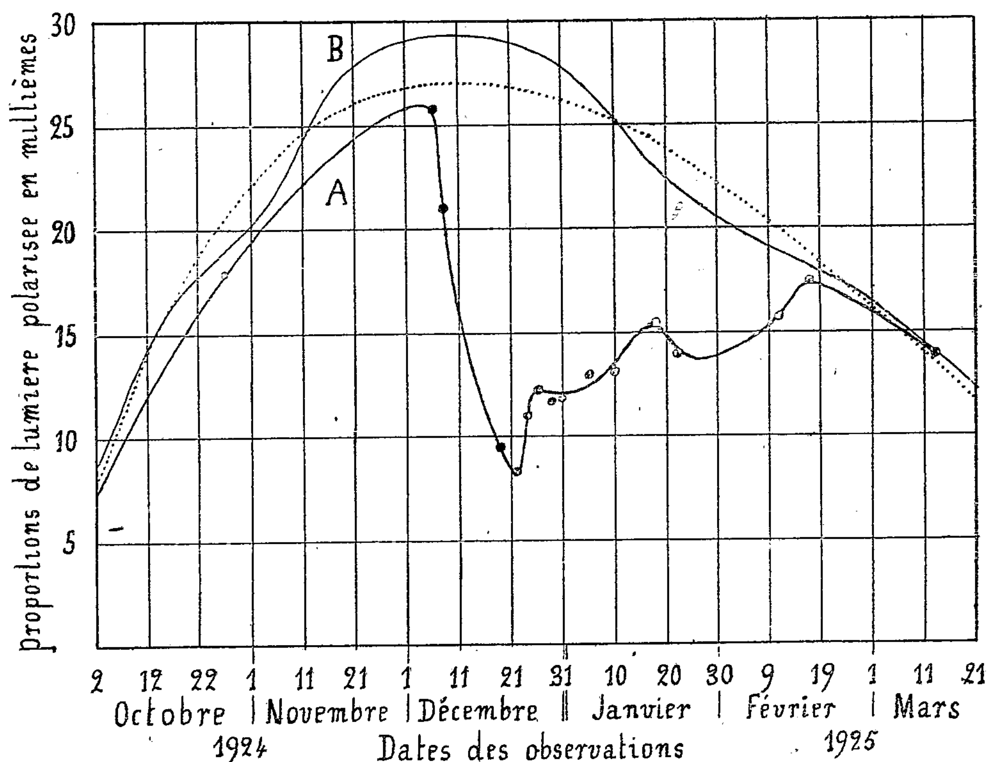
Ces observations sont résumées par les points de la courbe A; leurs abscisses représentent les temps et leurs ordonnées la proportion moyenne de lumière polarisée des régions centrales. Les ordonnées correspondantes de la courbe B indiquent quelles étaient les valeurs trouvées sur Mars en 1922 pour les mêmes angles de diffusion; celles de la courbe en pointillé sont relatives à la Lune. La comparaison de ces trois courbes met bien en évidence les anomalies.

(¹) Séance du 25 mai 1925.

(²) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1796.

(³) Un voile analogue a été vu en 1909 par M. A. Antoniadi et les remarquables observations qu'il a faites en 1924 avec le même instrument confirment les aspects qui viennent d'être signalés.

Pendant cette série d'observations, la polarisation n'était généralement pas la même en tous les points du disque; l'étude séparée des diverses régions a été faite avec un oculaire grossissant 530 fois, muni d'un écran jaune verdâtre supprimant complètement le spectre secondaire.



Le 8 décembre, les images étaient excellentes et l'atmosphère de Mars, transparente jusqu'aux bords, laissait voir les régions situées au delà du pôle austral.

La polarisation était de 18 à 19 millièmes sur les terres et variait de 21 à 23 millièmes sur les mers, d'autant plus forte que celles-ci étaient plus sombres.

Elle ne subissait aucun accroissement près des bords sauf près du pôle boréal où une blancheur étroite était visible.

L'atmosphère de Mars n'exerçait donc aucune influence sensible sur la polarisation bien que l'angle de diffusion fût maximum et atteignît 42° 30′.

Pendant la période la plus brumeuse, la polarisation était assez constante dans les régions voisines du centre tandis que sur les bords et en particulier

près des pôles apparaissaient des blancheurs, les unes fortement, les autres très faiblement polarisées.

Le 22 en particulier la polarisation atteignait 27 millièmes au pôle austral tandis qu'au pôle boréal elle était inverse et d'environ 4 millièmes. Ces inégalités s'atténuèrent les jours suivants et le 5 et le 10 janvier elle était au contraire nulle au pôle austral et de 26 millièmes au pôle boréal.

Ces observations montrent que l'atmosphère de Mars diffuse une quantité de lumière insensible lorsqu'elle est très pure tandis que les brumes et les nuages dont elle se charge à certaines époques nous envoient une lumière assez intense polarisée en général moins fortement que celle du sol, quelquefois même dans un plan perpendiculaire.

L'étude de Mars au polarimètre dans des conditions d'éclairement appropriées constitue donc un moyen très sensible d'apprécier la transparence de son atmosphère; il reste applicable à l'ensemble de la planète lorsque les images sont trop agitées ou le disque trop petit pour permettre l'observation des détails.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Ce que nous dit la Mécanique céleste à propos de la rotation des planètes intérieures.* Note (¹) de M. **Jean Boccardi**, présentée par M. Andoyer.

1. En Mécanique céleste on traite le problème de la figure d'équilibre que prendrait une masse fluide homogène soumise à l'attraction d'un centre éloigné, qui lui ferait décrire une orbite presque circulaire, et animée en même temps d'un mouvement de rotation uniforme, de la même durée que la révolution, autour d'un axe passant par son centre de gravité et perpendiculaire au plan de l'orbite. On démontre que la masse fluide prend la forme d'un ellipsoïde à trois axes, dont celui de la rotation est le plus court, et celui qui est dirigé vers le centre d'attraction est le plus long. Soient $2a$ le plus long de ces axes, $2c$ le plus court : en posant (Tisserand, *Mécanique céleste*, 2, p. 113) [2]

$$a^2 = \frac{c^2}{s} = c^2(1+\lambda^2), \qquad b^2 = \frac{c^2}{t} = c^2(1+\lambda'^2),$$

on arrive à deux équations assez compliquées, qui permettent de déterminer les valeurs de s et de t.

(¹) Séance du 25 mai 1925.

(²) J'emploie les notations usuelles, qui ne sont pas celles de Tisserand.

Ce problème a trouvé son application dans le cas de la Lune et a donné pour l'allongement du sphéroïde lunaire, et pour le moment d'inertie correspondant, des valeurs théoriques beaucoup plus petites que celles que donnent les observations de la *libration réelle*. Or j'ai appliqué aux cas de Mercure et de Vénus les formules finales de ce problème. J'ai supposé qu'à une certaine époque, t_0, les durées de la rotation et de la révolution aient été égales, les masses des planètes étant encore à l'état fluide.

Pour Mercure et Vénus, comme pour la Lune, leurs disques — que l'on peut observer même pendant une phase avancée, comme le faisait Schiaparelli — nous paraissent parfaitement circulaires. Donc, à cause de la petitesse du facteur de λ^2, on peut, comme pour le cas de la Lune, négliger le terme avec

$$\lambda^2 \frac{M' c^3}{M l^3},$$

où $\frac{M'}{M}$ est le rapport de la masse du Soleil à celle de la planète considérée, $\frac{c}{l}$ est le rapport du demi-axe c à la distance l au Soleil, supposée constante. On trouve avec Tisserand

$$\lambda^2 = 10\,V, \qquad \lambda'^2 = \frac{5}{2}\,V,$$

où j'ai posé

$$V = \frac{M' c^3}{M l^3}.$$

On obtient aussi

$$\lambda^2 = \frac{a^2 - c^2}{c^2} = 2\,\frac{a - c}{c}, \quad \text{à fort peu près;}$$

d'où

$$\frac{a - c}{c} = 5\,V, \qquad \frac{b - c}{c} = \frac{5}{4}\,V.$$

Avec les données des *Éphémérides* pour les deux planètes, en appelant ρ le rayon équatorial de la Terre $= 6378393^{m}$, j'ai obtenu

	$\frac{a-c}{c}\rho$.	$\frac{b-c}{c}\rho$.
Mercure	$4^{m},801$	$1^{m},200$
Vénus	$2^{m},325$	$0^{m},581$

On voit que les aplatissements, pour les deux sections principales, subis par les masses fluides de ces deux planètes, par suite de l'attraction de marée du Soleil, se montent à peine à quelques mètres ou à des fractions

de mètres. Il s'ensuit que l'action régulatrice, presque pendulaire, de l'allongement vers le Soleil, ne peut aucunement remplir le rôle de l'allongement lunaire, pour ramener le méridien central à la position qu'il avait à l'époque t_0, après une petite élongation.

2. En suivant les analyses faites par Gyldén et par Charlier pour le cas de la Lune, en appelant A, B, C les moments principaux, en indiquant par Q et F des angles constants et posant $\frac{B-A}{C} = \gamma$, on trouve

(*a*) $\eta = Q \sin(mt\sqrt{3\gamma} + F)$ + un petit terme dépendant de l'*équation du centre*.

Il n'est pas question de l'*équation annuelle* pour les deux planètes.

L'équation du centre est pour Mercure 4 fois plus forte que pour la Lune; tandis que pour Vénus elle est 8 fois moindre. En tout cas, à cause du facteur γ qui est très petit pour les deux planètes, il s'agit d'oscillations atteignant à peine 1″.

Le premier terme du second membre de l'équation (*a*) fait que notre satellite se balance comme un pendule simple; la durée de l'oscillation étant

$$\frac{2\pi}{m\sqrt{3\gamma}} = \frac{\text{un mois sidéral}}{m\sqrt{3\gamma}}.$$

Pour Mercure et Vénus, il est certain que l'observation ne nous donnera jamais les valeurs de leurs moments; mais, d'après ce que nous venons de voir au sujet des aplatissements, dans le cas de l'homogénéité, en dit assez sur la valeur de γ.

Pour les deux planètes en question, j'obtiens

	$\frac{a-c}{c}$.	$\frac{b-c}{c}$.
Mercure................	0,0000020341 8 2	0,000000508546
Vénus..................	0,000000377293	0,000000094323

Donc, il n'y a pas de balancement originel. Il ne reste que l'effet périodique de l'équation du centre et de quelques inégalités. Or on sait que, pour la Lune, c'est le terme avec Q et F qui, donnant lieu à une petite oscillation dès l'origine, nous permet d'éliminer l'improbabilité, touchant à l'absurdité, d'une coïncidence *absolument parfaite* dès l'origine, entre la rotation et la révolution. Cette improbabilité reste tout entière pour les deux planètes intérieures.

Pour ces planètes, il manque la condition qui pourrait les ramener à la position d'origine, après un petit déplacement toujours admissible. La moindre cause aurait suffi pour faire varier η de *zero à l'infini*.

3. Si l'on disait que $\gamma > 0$ est la condition suffisante pour diminuer l'invraisemblance d'une égalité rigoureuse entre la rotation et la révolution, et que avec une valeur de Q assez grande on aurait une oscillation très longue, je ferais remarquer qu'une valeur de

$$\gamma = \frac{(a-c)-(b-c)}{c}$$

qui pour Vénus est égale à peine à 0,000000283, serait purement *nnmérique*; elle n'aurait aucun sens *physique* et *pratique*. La moindre des causes internes à la planète, par exemple le manque d'homogénéité parfaite, une faible secousse suffirait pour annuler l'effet régulateur d'une différence évanouissante entre les moments. Avec des valeurs évanouissantes de γ les limites de la rotation

$$n(1 \pm Q\sqrt{3\gamma})$$

seraient pratiquement coïncidantes.

Une valeur assez grande de Q empêcherait que la planète tournât toujours la même face vers le Soleil, en même temps qu'une oscillation de quelques centaines d'années réaliserait pratiquement la coïncidence absolue entre la rotation et la révolution.

Non, les faits naturels qui doivent assurer la stabilité d'un équilibre ne peuvent reposer sur quelques dix-millioniémes. Le fait est que, pour la Lune, la valeur observée de γ est dix fois plus grande que la valeur théorique, qui, d'ailleurs, est cent fois plus grande que celle de Vénus. C'est par de tels moyens que la Nature assure la stabilité.

GÉODÉSIE. — *Déterminations de l'intensité de la pesanteur faites dans la République de l'Équateur au cours de la mission du Service géographique de l'Armée* (1899-1906). Note (¹) de M. **H. Noirel**, présentée par M. R. Bourgeois.

Au cours de la mission du Service géographique de l'Armée qui a exécuté, de 1899 à 1906, la mesure d'un arc de méridien équatorial dans l'Amérique du Sud, il a été effectué six déterminations de l'intensité de la pesanteur.

Les valeurs données ici résultent d'une réduction provisoire; les valeurs définitives s'en écarteront fort peu.

(¹) Séance du 14 avril 1925.

Ces opérations ont été faites en *cinq stations* réparties le long d'une coupe allant de l'Est à l'Ouest, normalement à la direction générale de la double chaîne montagneuse qui constitue les Andes, ainsi que l'avait conseillé Henri Poincaré. Une *sixième* station a été faite à Quito (Observatoire national).

Les stations sont situées : à Machala, sur la côte du Pacifique; à Bucay, au pied de la Cordillère occidentale, sur le versant ouest; à Riobamba, au centre du plateau interandin; la station de Quito donne une deuxième valeur de g au centre de ce plateau. Une quatrième station est placée au pied du Chimborazo, sur le versant sud du massif, dans l'axe de la Cordillère occidentale, à environ 3700^m d'altitude. Enfin, la cinquième station, qui est la symétrique de celle du Chimborazo, se trouve à Baños, dans le bassin de l'Amazone, sur l'alignement des hauts sommets de la Cordillère orientale.

On a employé le pendule réversible inversable de Defforges (pendule n° 2 de Huetz).

Ces déterminations relatives sont encadrées par trois mesures faites à l'Observatoire de Paris en 1902, 1905 et 1907, point où la valeur de g résulte d'observations absolues.

La durée de l'oscillation (ramenée à 15° C.) a été pour Paris (Observatoire), en reprenant d'anciennes mesures faites par Defforges :

En 1890	$0^s,7110802$
En 1892	0,7110814
En 1902	0,7110796
En 1902	0,7110792
En 1905	0,7110892
En 1907	0,7110815

dont la moyenne est égale à $0^s,7110804$.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Stations.	Observateur.	Année.	Latitude.	Longitude par rapport à Paris.	Altitude.	g observé.
Riobamba (Loma de Quito)	R. Bourgeois	1901	$-1°.40',0$	$80°.59',8$	2776^m	$977^{cm},419$
Paris (Observatoire)	H. Noirel	1902	valeur adoptée : 981,000			
Paris	»	1905				
Machala (Pampa de Puerto de Pilo)	»	1905	—3.15,9	82.18,6	5	978,046

Stations.	Observateur.	Année.	Latitude.	Longitude par rapport à Paris.	Altitude.	g observé.
Bucay (Hacenda Dillon)	»	1905	—2.10,0	80.23,3	325	977,870
Chimborazo (Paramo de Chinigua)	»	1905	—1.29,0	81.11,8	3685	977,161
Baños (nouvelle basilique)	»	1905	—1.24,6	80.47,1	1843	977,582
Quito (Observatoire national)	»	1906	—0.12,9	80.50,8	2816	977,338
Paris	»	1907	(valeur adoptée 981,000).			

Il était indiqué de calculer l'expression qui constitue le critérium de Defforges (*Mémorial du Dépôt de la Guerre*, 15, p. 130):

$$T - T' = T\left(\frac{m_1^2 + m_2^2}{4} + \frac{\rho + \rho'}{4}\right)\frac{h - h'}{hh'}$$

(les lettres ayant la signification donnée dans l'ouvrage cité).

La valeur de T — T' est de 272 à Riobamba, ce qui se rapporte parfaitement aux observations antérieures. A partir de 1902, le terme a pris une valeur sensiblement différente, mais constante, c'est-à-dire indépendante de la température moyenne d'observation, laquelle a cependant varié, suivant les stations, de 11° à 27°. Les valeurs respectivement trouvées aux huit stations à partir de Paris 1902 ont été : 390, 399, 413, 368, 394, 376, 384 et 383 (moyenne 389).

Il semble donc que, si l'on exclut toute modification des rayons de courbure ρ et ρ' des couteaux, la variation s'est produite en 1902 dans le voyage de retour du commandant Bourgeois. Une variation de l'ordre de quelques microns dans la position du centre d'oscillation suffit à expliquer le changement constaté.

La correction dite *topographique* n'a pas encore été calculée, sauf au Chimborazo, où l'on a constaté qu'elle est de l'ordre de 6 unités du troisième ordre. On s'est assuré qu'elle reste faible aux autres stations.

La comparaison Observation — Calcul a été faite entre la valeur théorique déduite de la formule de Helmert (1901):

$$g = 978^{\text{cm}},046\,(1 + 0,005302 \sin^2 \text{latitude}),$$

et la valeur observée dont on a retranché 40 unités du troisième ordre pour la ramener au système de Vienne.

La réduction de Bouguer a été faite avec D = 5,53, et respectivement pour $\delta = 2,0$, 2,6 et 2,8, ce qui donne le tableau suivant :

	Valeur observée, ramenée au système de Vienne.	Valeur théorique (Helmert 1901).	Réduction au niveau de la mer et correction de Bouguer. — Densité continentale.			Différence O — C. — Densité continentale.		
			2,0.	2,6.	2,8.	2,0.	2,6.	2,8.
	cm	cm	+	+	+			
Riobamba....	977,379	978,050	619	550	527	— 52	—121	—144
Machala......	978,006	978,063	1	1	1	— 56	— 56	— 56
Bucay.......	977,830	978,058	72	64	62	—156	—164	—166
Chimborazo..	977,121	978,050	822	730	700	—101	—193	—223
Baños........	977,542	978,050	411	365	350	— 97	—143	—158
Quito........	977,298	978,046	648	553	535	—100	—193	—213

Correction topographique. — Chimborazo : 6.

On voit qu'il y a partout un déficit de pesanteur, même sur la côte du Pacifique, et que ce déficit est assez considérable à Bucay.

RADIATION. — *Les spectres des rayons X du praséodyme, du néodyme et du samarium.* Note [1] de Mlle **E. Gleditsch** et M. **E. Botolfsen**, présentée par M. Jean Perrin.

Au cours de quelques recherches sur les rayons X de différents éléments nous avons pris des spectrogrammes de quelques-unes des terres rares. Parmi ces spectrogrammes quelques-uns sont très nets et très complets permettant de mesurer les positions des raies et d'en calculer leurs longueurs d'onde. Les données sur les spectres des rayons X de ces éléments étant peu nombreuses, nous avons jugé d'un certain intérêt de les publier, bien que les mesures de longueurs d'onde ne soient pas d'une très grande précision.

La méthode et les dispositifs expérimentaux sont ceux qui ont été décrits par M. Siegbahn. La source de rayons X est constituée par un tube en cuivre et porcelaine à chemise d'eau, ayant une cathode froide et une anticathode changeable. Le spectromètre construit pour enregistrement photographique est muni d'un cristal tournant (principe de MM. Moseley,

---

(1) Séance du 18 mai 1925.

de Broglie et Siegbahn). Le cristal qui nous sert actuellement est un cristal de sel gemme et nous avons admis comme valeur de d (distance des plans réticulaires relatifs aux faces cubiques) celle donnée par Moseley $2,814.10^{-8}$ cm. Le tube est alimenté par une bobine d'induction muni d'un redresseur de courant. Les impressions données ci-dessous sont obtenues en maintenant dans le tube un potentiel de 30 à 40 kilovolts et une intensité de courant de 1 à 1,5 milliampère.

Les raies furent repérées à l'aide de raies du cuivre correspondant aux angles φ (le complément de l'angle d'incidence) de 15°51′ et de 14°43′ ou aux longueurs d'onde de $1,537.10^{-8}$ et de $1,384.10^{-8}$ cm.

On a évalué l'intensité des raies par le noircissement des clichés photographiques, en donnant toujours à la raie la plus forte d'un cliché l'intensité 1.

Les sels examinés, des nitrates de praséodyme, de néodyme et de samarium étaient tous en solution; celles-ci furent évaporées à sec et les nitrates obtenus furent chauffés au rouge et ainsi transformés en oxydes, qui servirent ensuite pour les expériences aux rayons X.

Dans les Tables suivantes on trouve les valeurs de φ, le complément de l'angle d'incidence; de λ, la longueur d'onde en unités Ångström et de I, l'intensité pour les raies examinées du spectre L des éléments mentionnés.

Praséodyme.

Raie.	φ.	λ.	I.
α	25°57′,5	2,4635	1
β_1	23.42,7	2,2632	2
β_3	23.16,4	2,2218	5
β_2	22. 9	2,1268	3
γ_1	20.23,5	1,9794	4
γ_2	19.33,7	1,8844	6
γ_3	18.55,6	1,8255	7

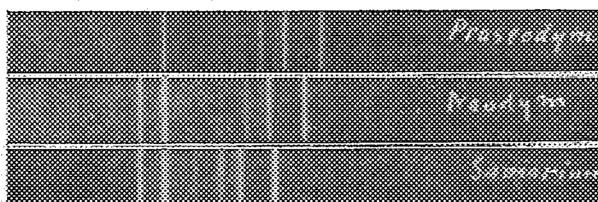
Néodyme.

Raie.	φ.	λ.	I.
α	24°56′	2,3725	1
β_1	22.41,2	2,1707	2
β_3	22.14,8	2,1303	5
β_2	21. 7,4	2,0282	3
γ_1	19.24,9	1,8708	4
γ_2	18.35,1	1,7937	6
γ_3	17.59,9	1,7390	7

Samarium.

Raie.	φ.	λ.	I.
α................	23°. 4',6	2,2059	1
β_1................	20.49,9	2,0014	2
β_3................	20.23,5	1,9610	5
β_2................	19.24,9	1,8708	3
γ_1................	17.45,1	1,7159	4
γ_2................	17. 1,3	1,6475	6
γ_3................	16.29,1	1,5970	7

Nous reproduisons ci-dessous les clichés qui ont servi pour les mesures.



Ces clichés sont disposés de façon que les raies du cuivre se trouvent l'une au-dessus de l'autre.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la signification physique de la tension de dissolution électrolytique*. Note (¹) de M. J. HEYROVSKÝ, présentée par M. G. Urbain.

Pour calculer le potentiel (π) d'une électrode métallique (Me) en équilibre réversible avec la solution où elle baigne, on peut utiliser le cycle suivant :

Vaporisons dans l'atmosphère sèche un atome-gramme du métal Me sous la tension de vapeur P_{Me} qu'il possède à la température T; le travail résultant est RT.

Supposons maintenant que la vapeur du métal soit en équilibre avec ses produits d'ionisation, c'est-à-dire avec les électrons ε et les ions métalliques Me. Nous pouvons alors dissocier les atomes Me (travail RT), et transférer les électrons dans l'électrode et les ions dans la solution. Le travail résultant du premier transport est $-$ RT $-$ ψF, si ψ désigne le potentiel à la surface

(¹) Séance du 18 mai 1925.

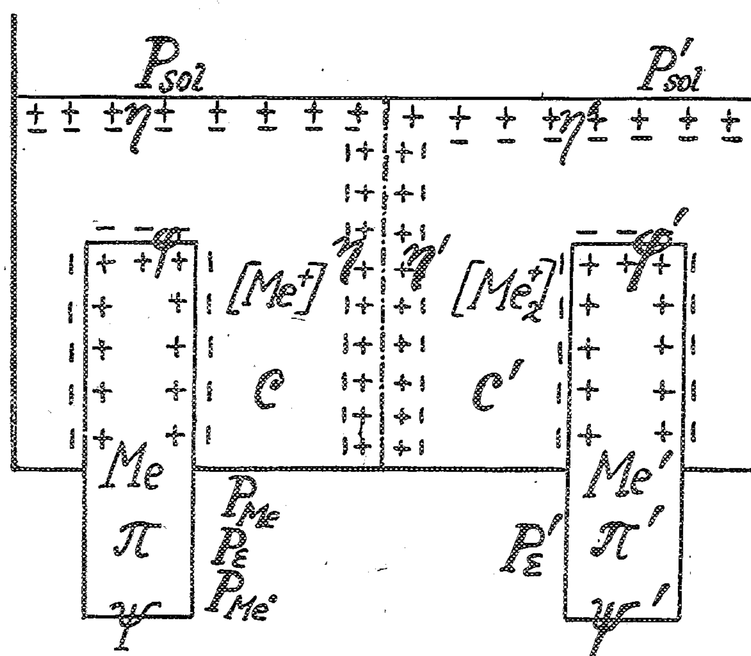
du métal. Pour exécuter le deuxième transport, il faut d'abord dissoudre les ions dans la vapeur de la solution, ce qui libère l'énergie libre d'hydratation H; ensuite on concentrera les ions depuis leur pression d'équilibre dans la vapeur métallique, soit $P_{Me\cdot}$, jusqu'à leur concentration dans la solution, soit $[Me^+]$. Ce travail est $RT \log \frac{[Me^+]}{P_{Me\cdot}}$.

Pour plonger ces ions dans la solution il faudra franchir le potentiel de la surface, η (travail $-\eta F$), enfin on ramènera les ions de la solution dans l'électrode, sous le potentiel φ (ce qui donne $\varphi F - RT$).

Le total des travaux de ce cycle réversible est alors

$$-\psi F - H + RM \log \frac{[Me^+]}{P_{Me\cdot}} - \eta F + \varphi F = 0. \qquad (1)$$

Pour préciser la signification des potentiels ψ, η, φ on peut imaginer la



transformation suivante, sur un système de deux électrodes de métaux différents, Me, Me', plongées respectivement dans leurs solutions C et C' (voir la figure).

Transférons un atome-gramme du métal Me dans la solution C, franchissant le potentiel φ (travail $-\varphi F$); puis transportons de la solution C à C'

$(1-n)$ cations-grammes en même temps que n anions-grammes passent de C′ à C (comme cela a lieu dans l'électrolyse); si nous considérons comme négligeables les travaux osmotiques de diffusion, le travail résultant des transports ci-dessus sera $(\eta - \eta')$F. Nous déposerons ensuite les ions Me_2^+ de la solution C′ sur l'électrode Me′, dont le potentiel est φ' (travail φ'F). Enfin un faraday (F) d'électrons passera du métal Me au métal Me′ en traversant des surfaces de contact métalliques sèches : le travail correspondant comprend la traversée des potentiels ψ et ψ' [travail $(\psi - \psi')$F] et les travaux de compression des électrons de la pression P_ε qu'ils possèdent dans Me à la pression P'_ε qui règle dans Me′ $\left(\text{travail RT} \log \frac{P'_\varepsilon}{P_\varepsilon}\right)$.

L'ensemble de ces transports produit un résultat identique à la dissolution électrolytique d'un atome-gramme de Me accompagné du dépôt d'un équivalent du métal Me′, sans changement de conditions électrolytiques : Cette dernière opération demanderait l'énergie $(\pi - \pi')$F où π et π' sont les potentiels électrolytiques des électrodes Me et Me′, plongées dans les solutions C et C′. On aura donc

$$\pi - \pi' = \varphi' - \varphi + \eta - \eta' + \psi - \psi' + \frac{RT}{F} \log \frac{P'_\varepsilon}{P_\varepsilon},$$

d'où

$$\pi = -\varphi + \eta + \psi - \frac{RT}{F} \log P_\varepsilon + K \tag{2}$$

où K est une constante indépendante de la nature du métal.

Si nous désignons par $IF = RT \log \frac{P_{Me}}{P_{Me^\cdot} P_\varepsilon}$ l'affinité des électrons ε pour les ions Me^+, le potentiel π d'une électrode réversible devient

$$\pi = -\frac{RT}{F} \log P_{Me} + I + \frac{H}{F} + \frac{RT}{F} \log [Me^+] \ldots. \tag{3}$$

Les trois premiers termes donnent la signification physique de la tension de dissolution électrolytique au sens de Nernst. Ces trois termes peuvent être déterminés expérimentalement ; la chaleur d'hydratation des ions étant calculée par la méthode de M. K. Fajans [1].

Les déterminations de ces constantes sont actuellement très rares, et toujours trop peu précises pour permettre d'obtenir autre chose qu'un

---

[1] *Ber. d. d. phys. Ges.*, 21, 1919, p. 549, 709.

ordre de grandeur. Voici les résultats obtenus avec les indications trouvées dans la bibliographie du sujet :

Li...........	—3,77	(—3,80) v	Rb.........	—3,84	(—3,70)
Cs...........	—4,20	(—)	Na.........	—4,15	(—3,52)
K...........	—4,00	(—3,7[illegible])	Ti..........	—0,20 [1]	(—1,0)

Les potentiels sont calculés par la formule (3) en prenant celui de l'argent pour zéro. Les chiffres entre parenthèses désignent les potentiels mesurés directement.

On peut exécuter le même cycle réversible avec des métalloïdes, et par conséquent en déduire une formule analogue [2].

RADIOLOGIE. — *Sur une nouvelle méthode d'analyse quantitative par rayons X.* Note de M. **Eugène Delauney**, présentée par M. G. Urbain.

Les divers éléments absorbent différemment un faisceau monochromatique de rayons X. J'ai basé sur ce principe, à la demande de M. G. Urbain, une méthode de dosage des métaux également applicable aux solutions et aux corps solides. Je me limiterai dans cette Note aux cas des solutions.

Principe. — Une petite cuve contenant la solution est fixée invariablement sur le trajet d'un faisceau monochromatique de rayons X durant toutes les opérations. On peut définir, relativement à la radiation monochromatique utilisée et à l'élément considéré, un coefficient exponentiel d'absorption a par la relation

$$I = I_0 e^{-aml}.$$

I_0 se rapporte à l'eau pure, I à la solution; m désigne le nombre de grammes de l'élément dissous par centimètres cubes de solution. La détermination préalable de a et les mesures de I et I_0 permettent d'obtenir m.

Si la solution contient deux éléments la relation devient $I = I_0 e^{-(a_1 m_1 + a_2 m_2)l}$; une deuxième relation est nécessaire pour obtenir m_1 et m_2, et, dans ce but, on peut utiliser une autre radiation monochromatique, ou recourir à quelque autre procédé de dosage. Lorsque le mélange contient trois ou plus de trois éléments, il faut établir autant d'équations que le problème com-

---

(1) Calculés par une voie indirecte, en partant des données de Haber, *Sitzungesber. Preuss. Akad.*, 51, 1919, p. 506.

(2) Heyrovsky, *Journ. Phys. Chem.*, 29, 1925, p. 344.

porte d'inconnues. Toutefois la méthode se simplifie dans un très grand nombre de cas.

1° Les sels en solution peuvent être bien définis (ex. : $BaCl^2$). Il est inutile de doser séparément Ba et Cl; on détermine le coefficient global d'absorption du sel.

2° La solution contient en excès des réactifs étrangers. On pourra éviter leur dosage en les choisissant tels que leurs coefficients d'absorption soient négligeables vis-à-vis de ceux des corps à doser.

3° Un ou plusieurs des éléments présents ont des coefficients d'absorption très petits et négligeables. On peut, dès lors, considérer ces éléments privilégiés comme inexistants dans le mélange. Il en est ainsi toutes les fois que les éléments ont un poids atomique suffisamment faible.

Appareillage. — 1° Un tube à rayons X ordinaire; 2° un sélecteur constitué soit par un filtre (basé sur l'absorption sélective des différentes substances au voisinage de leur discontinuité d'absorption K), soit par des cristaux de sel gemme. Pour les petites longueurs d'onde, il est commode d'utiliser le dispositif employé par Sir Ernest Rutherford [1] pour l'étude des rayons γ; 3° la petite cuve; 4° le système détecteur se composant d'une chambre d'ionisation à xénon [2] et d'un électromètre monté avec fuite au sol.

Discussion. — Pour que l'intensité soit aussi grande que possible, et pour réduire les pertes en radiation, il est nécessaire de recourir aux radiations K des métaux ayant un numéro atomique élevé.

Le choix des radiations à utiliser dépend d'une part du coefficient d'absorption de l'élément le plus absorbant, et d'autre part de la concentration moyenne des solutions. En effet l'erreur relative provenant du coefficient global d'absorption, $a = a_1 m_1 + a_2 m_2$, est d'autant plus petit que a est plus grand.

Dans le cas où l'on emploie plusieurs radiations monochromatiques pour déterminer la composition d'un mélange, les équations ne doivent pas conduire à une indétermination, ce qui serait possible si le choix était fait arbitrairement. D'une manière générale, il faut recourir à de courtes longueurs d'ondes.

L'utilisation de plusieurs radiations pour obtenir des équations distinctes présente un intérêt particulier lorsque l'élimination d'un ou de plusieurs éléments de faibles poids atomiques contenus dans un mélange complexe

---

(1) Sir ERNEST RUTHERFORD et E. DA ANDRADE, *Phil. Mag.*, 2, 1914, p. 263.

(2) DAUVILLIER, *Revue générale de l'Électricité*, 14, 8 décembre 1923, p. 887-902.

est particulièrement pénible (titane en présence de zirconium et de celtium).

Les nombres suivants donnent une idée de la précision sur laquelle on peut compter :

MÉLANGE DE $BaCl^2$ ET $SrCl^2$. ANALYSES FAITES A L'AIDE DE LA RAIE K_α DU TUNGSTÈNE.

1re *série* (163g,5 de baryum au litre; 190g,2 de strontium au litre).

	I_0.	I.	Observé.	Calculé.
Solution de $BaCl^2$	47,4	8,7	$a_{Ba}=0,737$	″
» de $SrCl^2$	42,1	16,1	$a_{Sr}=0,417$	″
75cm³ de $BaCl^2$ / 25cm³ de solution de $SrCl^2$	43,5	9,4	0,655	0,657
50cm³ de solution de $BaCl^2$ / 50cm³ » de $SrCl^2$	43,2	11,3	0,582	0,577
37cm³,5 de solution de $BaCl^2$ / 108cm³,5 » de $SrCl^2$	42,7	13,7	0,493	0,491

L'erreur relative est inférieure au $\frac{1}{100}$.

2e *série* (16g,55 de Ba au litre; 19g,02 de Sr au litre).

	I_0.	I.	Observé.	Calculé.
50 pour 100 de $SrCl^2$ / 50 » de $BaCl^2$	39,2	34,7	0,053	0,051
25 pour 100 de $SrCl^2$ / 75 » de $BaCl^2$	39,2	34	0,061	0,066
5 pour 100 de $SrCl^2$ / 95 » de $BaCl^2$	39,3	33,2	0,073	0,072

L'erreur relative est en raison inverse du coefficient global d'absorption de la solution. Les erreurs relatives observées sont de l'ordre du $\frac{1}{10}$, ce qui est bien conforme à ce qui pouvait être prévu puisque la concentration de ces solutions est 10 fois plus petite que celle des solutions correspondant à la première série.

Mélange de KCl *et de* KBr.

	I_0.	I.	Observé.	Calculé.
Solution de KBr	29,3	9,5	0,489	″
Solution de KCl	29,3	24,4	0,795	″
10cm³ de KBr / 20cm³ de KCl	29,3	17,6	0,2214	0,2197

Erreur relative $< \frac{1}{100}$.

Mélange de KI *et de* KBr.

	I_0.	I.	Observé.	Calculé.
Solution de KI..................	29,9	2,1	1,154	"
Solution de KBr...............	29,9	9,8	0,485	"
10^{cm^3} de KI, 20^{cm^3} de KBr..................	29,9	5,9	0,705	0,708
10^{cm^3} de KI, 10^{cm^3} de KBr..................	29,9	4,6	0,813	0,819
20^{cm^3} de KI, 10^{cm^3} de KBr..................	29,9	3,8	0,908	0,931

Erreur relative $< \frac{1}{100}$.

Nous avons récemment, M. le professeur G. Urbain et moi, appliqué cette méthode à des mélanges de zirconium et de celtium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination précise de la masse atomique du lithium* 6 (*méthode d'Aston*). Note de M. **J.-L. Costa**, présentée par M. Jean Perrin.

Le spectrographe de masse, maintenant bien connu, a été utilisé dans ce travail, pour déterminer avec précision (méthode d'encadrement) les rapports des masses atomiques de quelques éléments légers.

Le dispositif expérimental est essentiellement analogue a celui d'Aston. Les rayons positifs sont produits dans une petite ampoule à gaz par une décharge à tension assez faible, et accélérés dans un espace vide par un champ électrique indépendant. La déviation électrique des rayons est de 7°, et le parcours total des rayons environ 45^{cm}. Sur tout ce parcours la pression est maintenue en dessous de 0,1 barye par une pompe moléculaire Hollweck, plusieurs pompes à diffusion et des condenseurs à air liquide. La constance des champs magnétique et électrique est assurée par l'emploi d'accumulateurs de grande capacité, 400 ampères-heures pour le champ magnétique, et 3-4 ampères-heures pour le champ électrique.

Des expériences préliminaires ont permis de déterminer par tâtonnement le plan focal, et de retrouver l'échelle linéaire de répartition des masses. Le point milieu de la plaque (foyer du rayon de déviation magnétique 4θ, θ étant la déviation électrique) est situé environ à 15^{cm} de l'origine virtuelle de l'échelle. Des nombreuses plaques Schumann furent obtenues montrant les

raies habituelles. Sur les meilleurs clichés la largeur des raies est d'environ $1^{mm},2$ et aucun voile n'est visible entre elles.

Les résultats présentés ici ont été obtenus par la méthode d'encadrement. Trois batteries d'accumulateurs de 90 volts chaque furent très exactement égalisées en compensant par des potentiomètres leurs petites différences. L'emploi successif de deux ou trois de ces batteries en série permettait la comparaison de masses dans le rapport de 2 à 3; quelques accumulateurs supplémentaires, ajoutés et retranchés, produisent l'encadrement. La lecture des raies sur un comparateur peut être faite à $0^{mm},03$ près.

Hydrogène. — Les masses des ions de l'atome et de la molécule d'hydrogène furent comparées, et le rapport $\frac{1}{2}$ fut vérifié à la précision de l'instrument actuel.

Hélium. — La masse de cet élément fut mesurée par rapport à celle du carbone deux fois ionisé. L'encadrement produit était symétrique pour les masses de ces ions.

Lithium. — Cet élément consiste en deux isotopes de masses 6 et 7, Aston a signalé que ces masses présentaient, par rapport aux nombres entiers, des écarts décelables mais à la limite de précision des lectures directes sur son échelle de masse.

La masse du lithium 6 a été comparée à celle de l'atome d'hélium. Les rayons de lithium et d'hélium sont produits dans la même opération en faisant varier légèrement la pression dans le tube. Un condenseur à air liquide relié à l'ampoule élimine les lignes parasites. L'encadrement est visiblement dissymétrique. Les mesures faites sur deux plaques obtenues dans des conditions différentes ont donné respectivement les résultats suivants :

Encadrement (mm)	4,57 4,12	6,30 5,72
Différence (mm)	0,45	0,58
Distance équivalant à l'unité de masse (mm)	23,5	33,1
Masse de Li^6 déduite (He = 4,000)	6,010 ±0,002	6,009 ±0,002

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une méthode de détermination de la répartition granulométrique des systèmes dispersés.* Note de MM. **René Audubert** et **Henri Rabaté**, présentée par M. Jean Perrin.

Les propriétés physico-chimiques des systèmes dispersés sont essentiellement liées au nombre et à la dimension de leurs particules; on peut citer en particulier les propriétés adsorbantes et les caractéristiques optiques des solutions colloïdales et des suspensions, la sensibilité des émulsions photographiques, la qualité des ciments et des chaux, les propriétés des pigments utilisés dans l'industrie des peintures et dans l'industrie du caoutchouc, la plasticité des argiles, etc. Aussi s'est-on occupé d'établir des méthodes permettant de déterminer la taille des grains et leur répartition.

Ces méthodes sont de deux sortes : les unes sont basées sur des observations microscopiques; elles sont longues et peu précises. Les autres reposent sur l'examen de la sédimentation du système, celui-ci remplissant complètement le tube d'observation. Des calculs compliqués permettent d'obtenir la courbe de répartition quand on connaît la variation en fonction du temps du poids des grains déposés sur le fond.

Il nous a paru commode de simplifier ces méthodes de sédimentation de la manière suivante :

Deux tubes verticaux, remplis du liquide intergranulaire, sont reliés par un tube de communication qui aboutit environ au quart inférieur de l'un d'eux. Le système dispersé est introduit à la partie supérieure de ce dernier tube en quantité très faible, à une concentration variable suivant la précision du dispositif d'observation employé. Une différence de pression mesurable par des moyens divers : manomètre à bulle, ou à cloche, tube incliné etc., s'établit entre les deux tubes. Elle persiste tant que les premiers grains n'ont pas dépassé l'orifice de communication et diminue avec le temps. Le calcul de la chute dans de telles conditions est beaucoup plus facile que dans le cas où le système dispersé est introduit dans la totalité du tube, il montre que la composition granulométrique peut être obtenue à partir de la variation de pression en fonction du temps.

En effet, la masse des grains dm dont les diamètres sont compris entre r et $r+dr$ est $dm = F(r)dr$.

Les grains ayant atteint la section de l'orifice au temps t satisfont à la loi de Stokes : $r^2 t = \text{const.} = A$, A étant fonction de la vis-

cosité et de la densité du liquide intergranulaire, de la densité des grains et de la hauteur de chute.

En différentiant,

$$dr = -\frac{r}{2t}\,dt,$$

ou encore

$$dr = B\,t^{-\frac{3}{2}}dt, \qquad \text{d'où} \qquad dm = B\,t^{-\frac{3}{2}}F(r)\,dt.$$

Par suite

$$F(r) = K\,t^{\frac{3}{2}}\frac{dm}{dt} = K'\,t^{\frac{3}{2}}\frac{dp}{dt},$$

en désignant par p la différence de pression entre les deux colonnes de liquide; la constante K' dépend essentiellement des caractéristiques de construction du dispositif adopté et de A. On calcule ainsi $F(r)$ pour chaque valeur de t, c'est-à-dire en tenant compte de la loi de Stokes pour chaque valeur de r. De $F(r)$ il est ensuite facile de passer à $\varphi(r)$ donnant le nombre des grains en fonction du diamètre.

Lorsqu'on fait l'expérience, on constate parfois, au moment où l'on introduit le liquide dispersé, la formation de tourbillons surtout accusés avec les gros grains et très vraisemblablement dus à l'entraînement de l'eau par ceux-ci. Bien que se manifestant uniquement au début de la chute, on pouvait craindre que ces régimes tourbillonnaires pussent compromettre la validité d'application de la loi de Stokes et par suite le résultat du calcul.

L'expérience montre que cette crainte est injustifiée.

En effet, en déterminant les courbes de répartition granulométrique de milieux à grosses particules pour lesquelles, par conséquent, les régimes perturbateurs sont intenses, par exemple pour certains échantillons de céruse et de blanc de zinc, on obtient des résultats identiques, quelles que soient les concentrations très variées dans lesquelles la chute est effectuée. Il n'est donc pas douteux que la méthode donne des résultats tout à fait corrects.

Nous avons étudié par ce procédé des systèmes dispersés très différents, précipités : sulfate de baryte, chlorure d'argent, carbonate de calcium; pigments : oxyde de zinc, sulfure de zinc, carbonate de plomb, oxyde de titane, oxyde de fer micacé, silico-aluminate de fer, oxyde d'antimoine. Nous avons pu ainsi apprécier la commodité de cette méthode qui possède en outre l'avantage de se prêter facilement à un enregistrement graphique ou photographique.

Bien entendu, la détermination granulométrique par l'étude de la flocu-

lation reste limitée aux systèmes dispersés dont les particules sont de même nature et possèdent une forme régulière. On vérifie en effet que la loi de Stokes, applicable à des grains qui ne sont pas rigoureusement sphériques, ne l'est plus dans le cas de formes très irrégulières telles que des bâtonnets.

CHIMIE ORGANIQUE. — *A propos du tétrahydroxyfluorène* 2.7.9.9'. Note de MM. **Ch. Courtot** et **R. Geoffroy**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans une précédente Note sur la sulfonation du fluorène ([1]), nous avons proposé une démonstration de la constitution du disulfofluorène 2.7, beaucoup plus simple que celle donnée par J. Schmidt, Retzlaff et Haid ([2]).

Au cours de notre étude dans la série du fluorène, que nous publierons prochainement en détail dans un autre recueil, nous avons dû revenir sur le produit de la fusion alcaline du 2.7-disulfofluorène, que les auteurs allemands considèrent comme un tétrahydroxyfluorène 2.7.9.9' (A) (formule I).

D'un examen approfondi, d'une part de ce produit A, et d'autre part de l'acide 4.4'-dihydroxydiphènyle-2-carbonique (B) (formule II), obtenu par fusion alcaline de la disulfofluorénone, il nous a paru qu'il y avait identité complète entre les deux composés, de même formule centésimale.

La constitution du tétrahydroxyfluorène repose sur son analyse élémentaire et sur celle du dérivé benzoylé correspondant, tétrabenzoate suivant les auteurs, sans détermination de grandeur moléculaire, sans doute à cause de l'insolubilité dans les solvants cryoscopiques usuels, et enfin sur la transformation, par action de PCl^5, du tétrahydroxyfluorène en tétrachlorofluorène (formule III).

L'identité que nous pensons avoir bien établie repose :

1° Sur le point de fusion. A est donné par J. Schmidt comme fusible à 278°. Nous avons trouvé 281-282° et pour B exactement la même valeur. Il n'y a pas variation par mélange intime de A et de B.

2° Le dérivé benzoylé de A présente une anomalie à la fusion non observée par les savants allemands : il se liquéfie à 153°, puis se solidifie et

---

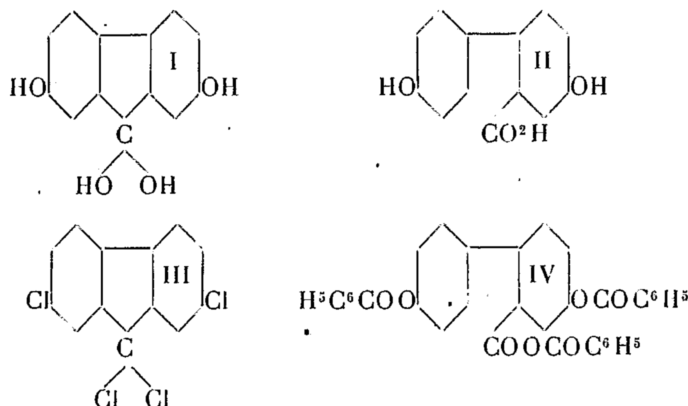
([1]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2259.

([2]) *Annales de Liebig*, 390, 1912, p. 210.

fond à nouveau à 270°. Recristallisé dans le nitrobenzène, il fond constamment à 287°. Même anomalie pour le dérivé benzoylé de B. Ce phénomène se répète sur les dérivés de A et B intimement mélangés. La preuve du mélange ne donne lieu à aucune perturbation. Les benzoates de A et de B donnent les mêmes résultats à l'analyse, qu'ils fondent à 153° ou à 287° :

				Théorie pour	
				$C^{13}H^{7}O^{4}(COC^{6}H^{5})^{3}$.	$C^{13}H^{6}O^{4}(COC^{6}H^{5})^{4}$.
C pour 100...	75,16		75,22	75,27	76,14
H » ...	4,28	et	4,15	4,06	4,02

Nous sommes sans doute en présence d'une isomérie spaciale du dibenzoate anhydride mixte (formule IV) :



3° A, comme B, réagit sur le bicarbonate de soude, avec dégagement de CO^2. C'est l'indice probable de la présence d'un groupe carboxylé, mais pas une réaction certaine. En effet, dans des molécules de cette complexité, un des hydroxyles peut posséder une acidité suffisante pour décomposer les bicarbonates.

4° A, comme B, se décompose sous l'action de la chaux pour donner le 4.4'-dihydroxydiphényle.

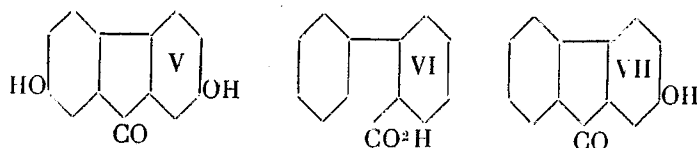
5° Le dosage des hydrogènes mobiles, effectué par la méthode Tchugaeff-Zerewitnioff, en milieu pyridique (la solubilité du produit dans l'oxyde d'amyle est insuffisante dans ce cas et ne donne pas de bons résultats) indique 19,82 et 20,54 pour 100 en méthane dégagé au lieu de 20,87 pour 3 OH, alors qu'il faudrait 27,83 pour 4 OH.

6° Les spectres d'absorption dans l'ultraviolet sont identiques.

7° L'action de PCl^5, sur A comme sur B, conduit au tétrachlorofluorène 2.7.9.9′ (F. = 216°) et voici comment : il y a d'abord formation du chlorure d'acide, puis cyclisation en dihydroxyfluorénone (formule V) et enfin remplacement de l'oxygène cétonique et des deux hydroxyles par des atomes de chlore.

8° S'il en est bien ainsi, A, comme B, doit, sous l'action des déshydratants, donner la 2.7-dihydroxyfluorénone. Nous avons, en effet, préparé cette magnifique substance rouge (F. = 338°) [soluble dans les alcalis en bleu très pur; dibenzoate, fines aiguilles jaune citron (F. = 241°); oxime jaune orange (F. = 300°)] par action de $ZnCl^2$ sur les deux produits et ceci est tout à fait conforme à ce qui a été observé antérieurement par action de H^2SO^4 sur le 4-hydroxydiphényle-2′-carbonique qui donne la monohydroxyfluorénone et sur l'acide diphénylecarbonique lui-même qui conduit à la fluorénone.

En outre, le monosulfofluorène (F. = 155°), fondu de la même façon avec les alcalis, fournit un 4-hydroxy-2-carboxydiphényle (formule VI; F. = 180°). Dans cette réaction, le groupe sulfo est normalement remplacé par OH, le groupe méthylénique est oxydé par l'alcali en CO^2H et celui-ci reste fixé au noyau benzénique porteur de l'hydroxyle. Ce produit a été caractérisé par son analyse, le dégagement de CO^2 qu'il donne avec le bicarbonate, le dosage des deux hydroxyles; sa cyclisation, sous l'influence des déshydratants, en 2-hydroxyfluorénone (F. = 211°; formule VII). Ce composé est ainsi un isomère du 4′-hydroxy-2-carboxydiphényle de Graebe, qui aurait pu se former également dans notre réaction, le groupe carboxyle basculant dans le noyau benzénique ne portant pas d'hydroxyle, mais nous n'avons jamais pu déceler sa présence.

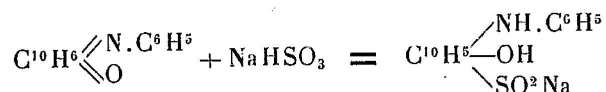


De toutes ces expériences, il résulte que l'action des alcalis sur le disulfofluorène suit la règle observée sur le sulfofluorène et le fluorène lui-même, ainsi que sur les dérivés correspondants fluorénoniques : formation d'un acide diphénylcarbonique, transformable à nouveau et très facilement en dérivé fluorénonique, par action des déshydratants.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les aryliminonaphtoquinones Acides arylaminooxynaphtalènesulfoniques.* Note (¹) de MM. **R. Lautz** et **A. Wahl**, présentée par M. A. Haller.

La fonction quinonique des aryliminonaphtoquinones leur confère une grande aptitude à entrer en réaction. Nous avons déjà montré que la phénylimino-1-naphtoquinone-2 fixe avec une extrême facilité le reste de l'aniline en position 4. Mais là ne se borne pas sa faculté d'additionner d'autres molécules; c'est ainsi que les sels de l'acide sulfureux, notamment, réagissent sur les aryliminonaphtoquinones lorsqu'on les met en présence de celles-ci.

Ainsi, si l'on triture dans un mortier, à la température ordinaire, 40^g de phénylimino-1-naphtoquinone-2 fraîchement préparée, comme nous l'avons indiqué, avec 50 à 60^{cm^3} d'une solution de bisulfite de sodium du commerce, à 36° Bé, on constate que la couleur verte du dernier quinonique disparaît peu à peu. Le produit primitif fait place à un précipité gris cristallin, et quand la réaction est complète on ajoute une solution de carbonate de sodium à 10 pour 100 jusqu'à réaction alcaline. La solution filtrée, fournit par addition d'acide minéral un précipité blanc, cristallisé et dense qui, après essorage, peut être recristallisé dans l'alcool chlorhydrique étendu d'eau. On obtient ainsi des cristaux blancs très peu solubles dans l'eau, mais solubles dans les alcalis et leurs carbonates d'où les acides minéraux les régénèrent inaltérés. Leur analyse conduit à la formule $C^{16}H^{12}ON(SO^3H)$ d'un *acide phénylamino-1-oxy-2-naphtalènesulfonique* formé suivant la réaction :



$$C^{10}H^6\begin{cases}N.C^6H^5\\O\end{cases} + NaHSO_3 = C^{10}H^5\begin{cases}NH.C^6H^5\\OH\\SO^2Na\end{cases}$$

(trouvé % : S = 10,37, N = 4,2; calculé % : S = 10,16, N = 4,4).

Sel de potassium. — S'obtient en dissolvant l'acide libre dans une solution chaude et concentrée de carbonate de potassium; par refroidissement, le sel se dépose en cristaux extrêmement solubles dans l'eau (²).

La paratolylimino-1-naphtoquinone-2 soumise à la même réaction fournit

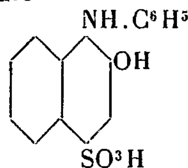
(¹) Séance du 11 mai 1925.

(²) Trouvé pour 100 : K = 10,47; calculé, 11,05.

un acide sulfonique homologue du précédent, mais plus altérable, et dont les sels sont encore plus solubles.

La réaction du bisulfite de sodium sur les arylimino-1-naphtoquinones-2 consiste donc en une réduction et une sulfonation simultanées.

Par des réactions, que des questions de brevets nous obligent à ne publier qu'un peu plus tard, nous avons pu établir que le groupe SO^3H se fixe en position 4. La constitution de l'acide phénylaminooxynaphtalène précédent est donc exprimée par la formule



Il était naturel de rechercher si la sulfonation directe des arylaminooxy-naphtalènes ne conduirait pas également à ces dérivés.

Si l'on introduit, par petites portions, 100^g de phénylamino-1-oxy-2-naphtalène sec et pulvérisé dans 500^g d'acide monohydraté maintenu vers 40-50°, on obtient une solution foncée. Elle est abandonnée pendant une nuit à la température ordinaire, une pâte est alors entièrement soluble dans le carbonate de sodium. La masse est versée sur 2^{kg} de glace, les grumeaux durs qui se précipitent sont essorés rapidement, car en les laissant réchauffer ils s'agglomèrent. Après lavage avec un peu d'eau glacée ils sont dissous dans du carbonate de potassium et la solution filtrée est précipitée par K Cl.

Le sel de potassium se dépose cristallisé, il est purifié par dissolution dans l'eau et finalement par recristallisation dans l'alcool étendu. On obtient des cristaux blancs faiblement teintés de brun, dont l'analyse correspond à un *phénylamino-1-oxy-2-naphtalènesulfonate de potassium* (trouvé pour 100 K = 10,72; calculé pour $C^{16}H^{12}ON(SO^3K)$, K = 11,0).

Ce sel correspond à un acide phénylaminooxynaphtalènesulfonique différent de celui décrit ci-dessus et dont il constitue un isomère. En effet le premier acide est cristallisé et très peu soluble dans l'eau, le second précipite sous forme huileuse et se dissout aisément dans l'eau en l'absence d'acide minéral. *Le sel de sodium* s'obtient comme le sel de potassium et forme des lamelles blanches, brillantes (trouvé pour 100 : S = 9,1; Na = 6,64; calculé : S = 9,49; Na 6,8).

Le *p*-tolylamino-1-oxy-2-naphtalène, sulfoné dans des conditions identiques, fournit un acide sulfonique isomère de l'acide *p*-tolylamino-1-oyx-2-naphtalène décrit plus haut. Son *sel de potassium* forme des cristaux

très solubles dans l'eau dont l'analyse correspond au *p-tolylamino-1-oxy-2-naphtalènesulfonate de potassium* (trouvé pour 100 : K = 10,45; calculé : 10,7).

Il résulte de ces faits qu'il peut exister deux séries d'acides monosulfoniques dérivés des arylamino-1-oxy-2-naphtalènes. Les uns s'obtiennent par l'action du bisulfite de sodium sur les aryliminonaphtoquinones et les autres par la sulfonation directe des arylaminoxynaphtalènes ([1]).

GÉOLOGIE. — *Existence de silex à Diatomées dans les caillasses du calcaire grossier des environs de Paris.* Note de M. L. Cayeux, présentée par M. H. Douvillé.

On a signalé depuis longtemps, sous le nom de *silex*, des accidents siliceux développés en milieu lagunaire et lacustre dans les environs de Paris. Tels sont, notamment, les silex des caillasses du calcaire grossier et du calcaire de Saint-Ouen. Dès que le milieu cesse d'être marin, la question de l'origine de la silice revêt un intérêt tout particulier. On en peut juger par l'analyse de certains silex des caillasses du calcaire grossier, c'est-à-dire d'une formation considérée par les géologues parisiens comme franchement lagunaire.

Tous les produits de silicification subordonnés aux caillasses ne résultent pas d'un phénomène d'épigénie du gypse, comme on a tendance à le supposer depuis les observations d'Haüy et d'une série d'auteurs (Munier-Chalmas et Michel Lévy, etc.), sur la nature pseudomorphique de ce que les anciens minéralogistes appelaient le « quartz grenu en cristaux lenticulaires ». Il en est qui sont la conséquence d'une substitution de la silice au carbonate de chaux, ainsi qu'en témoignent des restes plus ou moins importants du dépôt primitif, fixés en inclusions dans les silex.

Ces accidents se présentent en rognons et lits, toujours dépourvus de patine, et jouant un rôle très effacé en moyenne. Nombreuses sont leurs variétés. J'en retiens aujourd'hui une seule, fournie par les caillasses d'Essonnes en Seine-et-Oise. A la surface, la roche est incrustée de fossiles divers à l'état de moules silicifiés, et sur les cassures, elle met en évidence d'autres moules et des vides résultant d'une oblitération incomplète des cavités organiques.

([1]) Voir le brevet français n° 560 017 du 28 octobre 1922.

Examinées avec le condenseur relevé, les coupes ne laissent pas soupçonner la moindre trace de microorganismes. Par contre, si l'on procède à leur analyse avec le condenseur fortement descendu, une infinité de sections se dégagent avec leur microstructure conservée, malgré la silicification complète du dépôt. Il est vrai de dire que le silex est pétri de restes organiques.

Des *Foraminifères* sollicitent les premiers l'attention. Règle générale, leurs représentants sont petits et caractérisés par un test finement perforé ou imperforé. Tous sont multiloculaires. Seules, quelques Miliolites ont pu être identifiées. Des dizaines d'individus, sans parler de leurs débris beaucoup plus nombreux, restent indéterminés, ce qui n'entraîne aucun doute sur leur attribution aux Foraminifères.

Le groupe des *Radiolaires* est réduit à un individu, pluriloculaire, en forme de cloche.

Quelques sections paraissent relever d'*Ostracodes* et de *Gastéropodes*.

De plus, il existe, en de nombreux points, des débris de réseau à mailles très fines, régulières, exceptionnellement ordonnées en files radiales, rappelant le réseau de la face valvaire de certaines *Diatomées*, telles que *Coscinodiscus*, etc. Des plages, où ces réseaux sont d'une grande fréquence, font songer au tripoli d'Oran. A la vérité, cette structure crée une forte présomption en faveur de la présence de Diatomées, sans suffire à elle seule pour en démontrer l'existence. La démonstration est fournie par de très rares individus, régulièrement limités en forme de calottes aplaties, ornées d'un semblable réseau et figurant des valves vues par leur face connective. Avec ces matériaux, on observe des pseudo-bâtonnets renflés à une extrémité, striés transversalement et munis d'un raphé apparent. D'autres, d'aspect scalariforme, ne peuvent être rapportés aux Diatomées qu'avec beaucoup de doute.

En somme, et je tiens à le bien souligner, les éléments qui se réclament avec certitude des Diatomées sont en nombre très restreint pour le moment. Mais il suffit que leur présence soit hors de discussion pour que ces Algues acquièrent une grande importance au point de vue pétrogénétique. C'est qu'en effet les transformations profondes subies par le dépôt et la destruction d'organismes nécessaires pour élaborer la silice des silex, laissent fort peu de chances à des carapaces de Diatomées, à la fois exiguës et d'épaisseur extrêmement réduite, de ne point disparaître jusqu'à la dernière. Qu'il s'en trouve encore quelques-unes, cela veut dire, si je ne me trompe, qu'il en existait beaucoup dès le principe.

Abstraction faite des menus débris organiques indéterminables qui sont légion, le fond de la roche se résout en calcédoine, cristallisée en fibres courtes, souvent accompagnées d'un peu de quartzine et, par places, d'opale mamelonnée, concentrée dans les cavités d'origine organique.

Contre toute attente, la roche procède d'une boue fine, calcaréosiliceuse, principalement caractérisée par des Foraminifères et Diatomées. Son origine est marine et non lagunaire.

L'existence des Diatomées est à retenir tout spécialement, non seulement en ce qu'elle nous met en présence d'une source insoupçonnée de silice organique pour le calcaire grossier, mais parce qu'elle pose nettement la question de leur intervention dans la genèse d'autres accidents siliceux qui n'ont pas encore reçu d'explication satisfaisante.

Par ailleurs, les organismes marins réunis dans les silex d'Essonnes font ressortir la nécessité d'une analyse minutieuse des caillasses, dont le caractère lagunaire ne revêt certainement pas, dans la région parisienne, la généralité absolue qu'on se plaît à leur attribuer.

MINÉRALOGIE. — *Sur une chlorite blanche de Madagascar.* Note de M. **J. Orcel.**

Cette chlorite a été trouvée récemment dans la région de Midongy de l'ouest, province d'Ambatofinandrahana (Madagascar). Son mode de gisement n'est pas encore connu avec précision. Elle est d'une homogénéité parfaite.

Les cristaux doivent en être très grands, à en juger par les lames reçues à la collection du Muséum, qui ont été découpées dans ceux-ci et ne mesurent pas moins de 10^{cm} de plus grande dimension. Sous l'épaisseur de 1^{mm}, ces lames ont une teinte légèrement ambrée, mais par clivage on obtient rapidement des lames incolores parfaitement transparentes; leur poussière est blanche. Elles sont de signe optique positif. Les axes optiques sont très rapprochés ($2E = 28$ à $30°$, $2V = 18$ à $19°$); la bissectrice de leur angle aigu est à peu près normale au clivage. Les indices ont pour valeur (raie D) : $n_g = 1,5904$; $n_m = 1,5754$ (calc.); $n_p = 1,5749$. La densité est de 2,735.

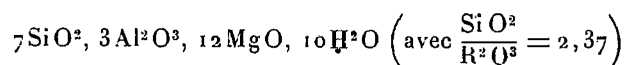
En raison de leur très faible teneur en fer, ces lames sont très bons isolants électriques, au même titre que le mica. Elles ne sont pas encore traversées par le courant à la tension de 15000 volts sous une épaisseur de $0^{mm},3$ environ.

L'analyse m'a conduit aux résultats suivants :

		Molécules.	Rapports moléculaires.
SiO^2	30,31	5051	7 × 0,72
Al^2O^3	21,72	2129	3 × 0,71
Fe^2O^3	»	»	
FeO	0,56	77	12 × 0,73
MnO	traces	»	
MgO	34,63	8657	
H^2O + ...	13,30	7388	10 × 0,73
	100,52		

L'étude du départ de l'eau dans le vide [1] montre qu'une fois l'eau hygroscopique éliminée, une première partie de l'eau de constitution se dégage à 540°; au bout de 40 heures de chauffage à 560° la vitesse de dégagement devient extrêmement faible; elle croît ensuite faiblement jusqu'à 700° environ, puis devient très grande entre 700 et 750°, et le reste de l'eau de constitution peut être chassé totalement à cette température.

L'analyse ci-dessus conduit à la formule empirique :



$$7SiO^2,\ 3Al^2O^3,\ 12MgO,\ 10H^2O\ \left(\text{avec } \frac{SiO^2}{R^2O^3} = 2,37\right)$$

qui est celle d'une leuchtenbergite, en convenant de donner ce nom aux chlorites blanches pour lesquelles le rapport $\frac{SiO^2}{R^2O^3}$ est compris entre 2,33 et 2,66.

Comme l'établit la comparaison des analyses inscrites dans le tableau ci-après, cette chlorite (analyse C) est très voisine de la leuchtenbergite d'Amity [2] (analyse A) et de celle d'Eichberg (analyse B) décrite par Redlich [3] sous le nom de rumpfite comme une espèce distincte [4], mais elle est beaucoup plus pauvre en fer que ces deux chlorites, et correspond presque exactement au mélange à 40 pour 100 d'antigorite, et 60 pour 100 d'amésite (analyse D) de Tschermak.

(1) Cf. J. ORCEL, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1056, et *C. R. Congrès des Sociétés savantes*, Section des Sciences, Paris, 1925 (*sous presse*).

(2) L. SIPÖCZ, dans TSCHERMAK, *Ber. d. k. k. Akad. der Wiss., Wien*, 100 (1), 1891, p. 44.

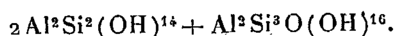
(3) K.-A. REDLICH, *Centralbl. f. Miner.*, 1914, p. 737-741.

(4) Ce nom ne doit pas en effet être conservé, car l'analyse de T. Panzer rectifiant celle de G. Firtsch qui créa l'espèce montre que la rumpfite originelle n'est autre qu'une leuchtenbergite pour laquelle $SiO^2 : R^2O^3 = 5 : 2$.

L'analyse concorde d'une façon satisfaisante avec la composition centésimale (analyse E) calculée d'après la formule ci-dessus :

	A.	B.	C.	D.	E.
SiO^2...........	30,28	30,40	30,31	30,34	30,30
Al^2O^3..........	22,13	21,41	21,72	22,01	22,07
Fe^2O^3..........	»	1,24	»	»	»
FeO...........	1,08	0,91	0,56	»	»
MgO...........	34,45	33,54	34,63	34,66	34,65
Na^2O...........	»	0,20	»	»	»
K^2O............	»	0,76	»	»	»
H^2O+..........	12,61	12,33	13,30	12,99	12,98
	100,55	100,79	100,52	100,00	100,00

Dans la théorie de M. W.-J. Vernadsky [1] sur les alumosilicates, ces chlorites peuvent être envisagées comme des sels doubles acides correspondant au mélange suivant d'acides alumosiliciques complexes



$$2\,Al^2Si^2(OH)^{14} + Al^2Si^3O(OH)^{16}.$$

Le premier acide dériverait de l'anhydride $Al^2Si^2O^7$ par combinaison avec $7H^2O$; on peut le faire intervenir dans l'interprétation de la composition chimique des prochlorites; le second dériverait de l'anhydride théorique $Al^2Si^3O^9$, et serait l'un des deux acides des clinochlores.

Ces chlorites sont donc plus voisines des prochlorites que des clinochlores.

La leuchtenbergite de Madagascar, par la pureté exceptionnelle de ses lames constitue un excellent type de comparaison pour l'étude de la composition chimique et des propriétés physiques des chlorites blanches de ce groupe.

MÉTÉORITES. — *La météorite d'Olivenza* (*Espagne*). Note de M. **Fernandez Navarro.**

Le 19 juin 1924, à 8h du matin, une météorite volumineuse est tombée dans la commune d'Olivenza (province de Badajoz), très proche de la frontière de Portugal. L'aérolite apparut comme une masse incandescente entourée d'un nuage blanchâtre, en laissant derrière elle une traînée assez persistante, également de couleur blanche, comparable à celle qu'aurait laissée une grande fusée. La direction de la trajectoire était environ NNE-

(1) W.-J. Vernadsky, *Bull. Ac. Sc. Saint-Pétersbourg*, 6e série, 3, 1909, p. 1183-1202.

SSW. Dans sa marche, l'aérolite était accompagné d'un grand bruit que des témoins ont comparé à celui du moteur d'un aéroplane, et d'autres au tir continu d'une mitrailleuse; immédiatement avant la chute, deux ou trois fortes détonations se firent entendre.

Ces détonations doivent correspondre à autant d'autres explosions de la météorite dont on a trouvé des fragments dans cinq endroits distincts, répartis sur une bande étroite de 2^{km} de longueur, orientée du NNE au SSW. De tous les fragments, le plus gros (le seul dont la chute ait eu des témoins oculaires) et dont le poids total était d'environ 70^{kg}, s'est fracturé irrégulièrement dans la chute en trois morceaux inégaux; le point où il est tombé est le plus méridional des cinq connus. Par son choc contre le sol terreux il s'est produit un trou d'une profondeur de $0^m,50$, avec un diamètre de même grandeur. Dans leur ensemble, tous les fragments de la météorite recueillis ont un poids total de 140^{kg}; presque tous (du moins les plus gros) se trouvent dans des Musées officiels, la plupart dans celui de Madrid.

La pierre a une couleur d'un gris cendré, sa cassure est grenue. Sur ce fond se détachent de petits globules (chondres) de couleur foncée, les uns mats (pyroxène) et d'autres vitreux et un peu verdâtres (olivine). On y aperçoit aussi de plus gros grains irréguliers, à éclat métallique, constitués par la pyrrhotite.

La croûte qui enveloppe cette météorite offre deux aspects, l'un est lisse, très noir, avec des bavures et des grains; l'autre, un peu rougeâtre, avec de grandes impressions digitales.

La densité moyenne résultant de plusieurs déterminations est de 3,453 à 3,456.

L'analyse chimique totale faite par les soins de M. Raoult a fourni les résultats suivants :

SiO^2	40,73	MnO	0,15
Al^2O^3	2,30	Cr^2O^3	0,14
Fe^2O^3	néant	{ S	{ 2,19
FeO	20,74	{ Fe	{ 3,82
MgO	25,16	Fe	0,77
CaO	2,09	Ni	0,41
Na^2O	0,92	Co	0,02
K^2O	0,33	Mn	traces
TiO^2	néant	P	néant
P^2O^5	0,19	—	0,04
			100,00

L'analyse spectrale réalisée par M. Martinez Risco ([1]), a révélé en outre des traces de Va, Sr et peut-être de Ba.

Examinée au microscope, la pierre apparaît comme une masse grenue à structure générale cataclastique enchâssant des chondres, généralement de petite taille, et des plages irrégulières de pyrrhotite parmi lesquelles on trouve exceptionnellement une très petite quantité de fer nickélifère. On y trouve aussi de petites plages d'un feldspath non maclé que l'analyse montre être un oligoclase acide.

Le minéral prédominant est l'olivine; elle forme des fragments irréguliers de dimensions très variables, à contours rarement granuleux. Le pyroxène est un hypersthène presque incolore, faiblement polychroïque; il forme des plages fendillées, et aussi de menus grains xénomorphes répandus dans toute la masse.

Les chondres, très abondants, sont constitués par le péridot ou l'hypersthène; il s'en trouve aussi de mixtes, et dans ce cas, de petits grains de péridot, orientés d'une façon irrégulière, apparaissent interposés dans un individu plus grand, unique, d'hypersthène. Les deux sortes de chondres peuvent être formées par un ou plusieurs individus cristallins et se trouvent d'ordinaire enveloppées dans une écorce continue du même minéral finement grenu, et entourées d'auréoles de grains de pyrrhotite.

Des données qui viennent d'être exposées, il résulte que cette météorite doit être rangée dans les chondrites à olivine et hypersthène (Prior).

Elle est remarquable par sa pauvreté en fer nickelé.

LITHOLOGIE. — *Des deux manières d'être des hydrocarbures dans les schistes bitumineux.* Note de M. JACQUES DE LAPPARENT, présentée par M. Fréd. Wallerant.

Les schistes bitumineux ne livrent aux dissolvants habituels des hydrocarbures qu'une très faible quantité des produits qu'ils sont capables de fournir par distillation. C'est là un fait bien connu dont peut rendre compte, en certains cas, l'examen micrographique.

L'un des sédiments qui donnent à la distillation la plus grande quantité d'huile, sorte de marne schisteuse connue sous le nom de *kuckersite* et provenant des horizons siluriens d'Esthonie, montre, à l'examen microgra-

([1]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 771.

phique, l'huile elle-même enfermée sous forme de gouttes dans de petites masses globuleuses homogènes, dont la nature minérale est attestée par leur résistance à la calcination et qui ont les propriétés optiques des phyllites écailleuses telles que argile ou chlorite.

La forme fréquente « en croissant » des gouttes d'huile (figure) indique que celle-ci s'est logée, au départ de la matière minérale, dans des vides formés entre deux écailles de celle-ci; les écailles elles-mêmes étant en outre imprégnées d'huile qu'on ne voit pas directement. Des amas réunissant de nombreuses gouttes d'huile au sein des globules phylliteux ont l'apparence de corps organisés, et certains auteurs, faute d'avoir su se rendre compte de leur véritable nature, les ont décrits comme des algues du type des Protophycées (Zalessky, Lindenbeim). L'on doit faire justice de cette assimilation.

Traitée par les procédés habituels de pulvérisation des roches, la kuckersite garde son huile parce que celle-ci, en gouttes très menues, ne cesse d'être protégée par l'enveloppe minérale qui la contient; mais la chaleur, déshydratant le silicate alumineux, permet du même coup le départ de l'huile. Si l'on pouvait, en présence du solvant adéquat, porphyriser assez finement la roche pour atteindre une dimension de particules au plus égale à 5 millièmes de millimètre, on dissolverait directement l'huile qui se trouverait alors progressivement libérée.

Des schistes bitumeux sont fréquemment en relation avec les roches, souvent définies comme charbons, auxquelles est donné le nom de *boghead*, et l'on peut se rendre compte que la matière génératrice des hydrocarbures de ces schistes est précisément la même que celle qui constitue la masse principale du boghead. Cette matière forme des corps jaunâtres que certains auteurs décrivirent comme algues fossiles (*Pila* de Ch. E. Bertrand), mais dont l'examen pétrographique révèle la structure cristalline.

Ces corps jaunes, répartis dans la roche comme autant de masses contiguës ou isolées, noyées, avec des minéraux détritiques et quelques vestiges de spores, dans un ciment humique, montrent parfois une texture fibreuse rayonnante (fibres d'allongement négatif à extinction droite) dont le point de départ est un cristal de carbonate ou un débris de quartz situés à leur contact; mais plus habituellement ils sont formés de lames ou de fibres entre-croisées. Leur biréfringence est de l'ordre de celle du quartz. Par calcination, ils se décomposent et ne laissent pas de résidu appréciable. Il faut se les représenter comme des gels d'un composé défini essentiel-

lement hydrocarburé qui, précipité à l'état colloïdal, prit ultérieurement l'état cristallin.



Corps globuleux silicatés à gouttes d'huile de la kuckersite. Gr. : 800 diamètres.

Bien que le cas du boghead et des schistes qui en dérivent puisse paraître assez différent de celui de la kuckersite, il y a lieu de croire cependant que leurs hydrocarbures respectifs doivent leur naissance à des phénomènes originellement semblables, et l'on peut concevoir que dans la kuckersite même des gels organo-minéraux se sont primitivement formés mais qui devinrent, au lieu d'un seul composé cristallin, deux constituants distincts, l'un minéral, l'autre organique, qui, se séparant à partir du même complexe, restèrent intimement associés.

On comprend qu'en un cas de cette espèce, si des pressions interviennent, le composé fluide puisse quitter sa *roche mère* et émigrer au sein de sédiments poreux tels que sont des sables, tandis qu'il n'est qu'une décomposition qui puisse permettre, à partir des schistes de boghead, le départ des hydrocarbures.

BOTANIQUE. — *Les fascies axillo-cotylédonaires du Haricot de Soissons.* Note (¹) de M. **H. Bouygues**, présentée par M. Guignard.

Durant l'année 1924, en effectuant des recherches sur les tissus de cicatrisation, nous avons été amené à observer chez le *Haricot de Soissons* les fascies que Sachs (²), puis Blaringhem (³) ont signalées chez le *Haricot*

(¹) Séance du 25 mai 1925.

(²) Sachs, *Physiologische Untersuchungen über die Keimung der Schminkbohne* (Phaseolus multiflorus) (*Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissens. Math.-Naturwissens. Classe,* 37, Sitzung von 7 Juli 1859, n° 17, p. 86).

(³) Blaringhem, *Mutation et traumatismes*, p. 93; *Les transformations brusques des êtres vivants*, p. 289.

multiflore et que M. Daniel [1] a photographiées sur le *Haricot de Soissons vivace*. Toutefois, comme ces anomalies n'avaient pas été, jusqu'ici, l'objet d'une étude spéciale et détaillée, il nous a paru intéressant d'entreprendre à leur sujet toute une série de recherches et, dans cette Note, nous allons résumer les premiers résultats acquis.

Lorsqu'on sectionne une très jeune tige de haricots de Soissons à sa sortie des cotylédons et tout à fait au voisinage de leur insertion sur ladite tige, on provoque, à chaque aisselle, le développement d'une formation dont l'allure varie avec le plant.

Sur un plan jeune en effet on peut avoir un des trois groupements suivants : deux fascies, ou une fascie et une tige normale ou bien deux tiges normales.

Ces fascies, expérimentalement obtenues, terminent leur région apicale par un massif d'aspect foliacé, dont la constitution, souvent méconnaissable à ce moment, devient au contraire fort nette avec l'âge. On y reconnaît alors soit l'ébauche de jeunes tiges, soit un mélange de tiges et de feuilles indépendantes de celles-ci. Ce dernier cas est plutôt rare. Par contre le premier est fréquent et généralement le nombre de tiges ainsi engendrées se réduit à deux. Dans la suite du développement, ces deux tiges s'accroissent également ou inégalement, ou bien l'une d'elles avorte tandis que l'autre continue sa croissance.

Contrairement à l'affirmation de Sachs, les fascies peuvent se produire encore lorsque le premier entre-nœud, ayant atteint une longueur de 4 à 6^{cm}, *est sectionné immédiatement au-dessous des premières feuilles*.

Un fait nous a frappé dans des opérations analogues précédées de l'ablation de l'un des deux cotylédons. Il arrive ainsi que le bourgeon axillaire du cotylédon intact se différencie en tige ordinaire alors que le bourgeon situé à l'aisselle du cotylédon enlevé évolue en fascie.

D'ailleurs la production de fascies peut s'effectuer encore lorsqu'on sectionne la jeune tige, sitôt après sa sortie des cotylédons et qu'on procède à l'ablation plus ou moins totale de ceux-ci. Toutefois, dans ce cas, le développement de ces anomalies est d'autant moins prononcé que les portions de cotylédons enlevées sont plus importantes.

Enfin, en supprimant les cotylédons, l'extrémité de la tige au-dessous des

---

(1) L. Daniel, *Nouvelles recherches sur les greffes herbacées* (*Revue bretonne de Botanique*, 1910-1913, pl. XXXIX); *La question phylloxérique, le greffage et la crise viticole*, p. 269.

premières feuilles et en maintenant en activité le moignon de tige de 4 à 6^{cm} au-dessus des cotylédons, nous avons encore obtenu les trois groupements du premier cas.

De sorte que si la suppression des cotylédons et de l'axe, immédiatement au-dessus d'eux, ne provoque pas de fascies, par contre nous en obtenons avec l'ablation totale des cotylédons et le maintien en activité du moignon. Il semble donc que celui-ci remplace en partie les cotylédons dans leur rôle nourricier vis-à-vis de ces anomalies.

La propriété que possèdent le *Haricot de Soissons*, le *Haricot de Soissons vivace* et le *Haricot multiflore* de se prêter à la formation expérimentale de fascies, ne semble pas être partagée par toutes les Papilionacées. C'est ainsi, en effet, que chez *Ervum Lens*, *Pisum sativum*, *Vicia Faba*, il nous a été impossible, jusqu'ici, d'en provoquer. De même chez une Hippocastanée, *Æsculus Hippocastanum*.

L'étude de ces anomalies, que nous poursuivons encore actuellement, nous a poussé, pour compléter nos recherches de 1902 (¹) et des années suivantes, à reconnaître l'origine, le mode de développement et de différenciation de leur système libéro-ligneux.

PHONÉTIQUE GÉNÉRALE. — *Principe de l'accord vocal, ou contribution à l'élaboration d'une théorie de l'émission normale de la voix chantée, et synthèse du mécanisme vocal correspondant.* Note (²) de MM. **Alfred Labriet** et **Raoul Husson**, présentée par M. G. Urbain.

I. Pour les besoins du chant, il est loisible de distinguer quatre parties dans l'organe vocal de l'homme :

1° Une soufflerie, constituée par l'appareil respiratoire.

2° Un mécanisme phonateur, constitué par le larynx.

3° Des cavités de renforcements. Ces trois premières parties ont été séparées par divers auteurs (³). *Une seule cavité* est susceptible d'être utilisée

(¹) H. Bouygues, *Structure, origine et développement de certaines formes vasculaires anormales du pétiole des Dicotylédons* (*Thèse de doctorat ès sciences*, Paris, 1902).

(²) Séance du 25 mai 1925.

(³) Garnault, *Cours théorique et pratique de physiologie, d'hygiène et de thérapeutique de la voix*, p. 28. Maloine, 1876. — Marage, *Petit Manuel de physiologie de la voix*, p. 6, 1911.

à l'état normal de phonation : elle est constituée par le pharynx guttural et la bouche, le voile du palais étant relevé; nous lui donnons le nom de *résonateur normal*. Son volume et sa forme sont extrêmement variables avec la hauteur du larynx, les contractions musculaires pariétales, et les attitudes des organes de la quatrième catégorie; il peut ainsi s'accommoder au renforcement d'une gamme étendue des sons. Les autres cavités (pharynx nasal, fosses nasales et tissus) ne sont qu'accessoires; elles sont impropres au renforcement normal de la voix pour des raisons d'ordre physique et physiologique (leur volume est invariable ainsi que leur forme; la disposition tourmentée des fosses nasales est défavorable à un tel phénomène; les communications des tissus et des méats du nez sont trop difficiles); elles ne jouent un rôle que dans l'émission des voyelles nasalisées.

4° Des leviers de commande. Nous donnons ce nom aux organes qui, étant sous la dépendance plus ou moins directe de la volonté, règlent l'émission laryngienne, les déformations du résonateur normal, et la participation nasale. Ce sont : le maxillaire inférieur, la langue, l'orifice buccal et le voile du palais. Ce sont les manettes de réglage de la machine vocale, et c'est par leur intermédiaire que l'on corrige et que l'on dirige l'émission.

II. L'étude de l'émission chantée est rendue difficile par l'interdépendance des organes et la complexité des relations physiologiques qui la régissent; ces motifs limitent étroitement la valeur d'une étude purement empirique. Une théorie de l'émission est essentiellement une *théorie physique*, car si les données de la physiologie sont indispensables, elles sont insuffisantes.

La partie essentielle de cette étude est celle du résonateur normal. L'observation de plus de 500 sujets nous a montré que cette cavité possède la propriété, *lorsque certaines conditions sont réalisées*, de s'accorder spontanément sur certains harmoniques laryngiens, quelles que soient la voyelle et la note émise, et ceci sur une large étendue de notes. Nous disons, lorsqu'il en est ainsi, que *l'accord vocal* se réalise. Ces conditions sont : 1° Le quasi-accord préalable du résonateur normal sur le son émis, réalisé à l'aide de mouvements appropriés des leviers de commande; 2° la souplesse extrême des parois et des articulations, qui détermine une sorte de synchronisation ou accommodation spontanée, aisément contrôlable par l'oreille éduquée et l'œil (disparition de toute contraction musculaire inappropriée). La *tessiture* d'un organe est l'étendue des sons sur lesquels l'accord vocal est susceptible d'être réalisé sans effort excessif; son étendue

dépend de la puissance de la musculature qui réalise cette accommodation.

L'émission des voyelles comprend trois phénomènes superposés : 1° une émission laryngienne, fournissant un son complexe ou voyelle brute, dont le timbre est impropre aux besoins du chant; 2° une transformation acoustique dans le résonateur normal accordé. Certains harmoniques sont renforcés, d'autres étouffés (¹). Le timbre acquiert ses qualités définitives. *C'est l'acte essentiel du chant.*

3° Des phénomènes aérodynamiques intenses, mais malheureusement difficiles à étudier et très variables avec les modes d'émission (²).

On peut dire que le chant n'est que l'*accord spontané*, réalisé par un automatisme musculaire qu'une éducation doit fournir, de nos cavités de renforcement sur les syllabes qui composent les œuvres vocales. Plus schématiquement, c'est la transformation des voyelles laryngies brutes par l'intervention du résonateur normal accordé.

III. Lorsque l'accord vocal se réalise spontanément dans un organe, nous disons que celui-ci est en *émission normale*. L'observation de plus de 500 sujets de toute nature nous a montré qu'il obéit alors à un mécanisme vocal déterminé, indépendant des sexes, des timbres et des tessitures, auquel nous avons donné le nom de *mécanisme physiologique et physique vocal normal*.

Ce mécanisme est constitué par les mouvements musculaires et les attitudes d'organes par lesquels nos leviers de commande réalisent le quasi-accord préalable du résonateur normal, première phase de l'accord vocal. Son unicité est une conséquence des propriétés de l'accord vocal, qui fait correspondre à chaque voyelle et à chaque note une attitude unique de l'ensemble de l'organe vocal.

Si, par une éducation méthodique, on l'impose à un organe, on accorde son résonateur. L'accord vocal se dessine aussitôt; il reste ensuite à l'améliorer, à le corriger, et à le stabiliser dans l'organe. L'enseignement de ce mécanisme vocal est donc la base d'une éducation vocale rationnelle, indépendant des sexes, des timbres et des tessitures.

(¹) Abbé ROUSSELOT, *Principes de Phon. expér.*, 1, 1924, p. 183.

(²) *Batailles sonores*, de l'abbé Rousselot, ouvrage cité, 2, p. 855.

PHYSIOLOGIE. — *Influence du fluor et de l'iode sur les fonctions de reproduction chez les rats et sur la croissance des jeunes.* Note de M. **P. Mazé**, présentée par M. Roux.

Les rats adultes nourris avec de la poudre de lait entier, préparée par pulvérisation et évaporation dans un courant d'air chaud, restent bien portants et se reproduisent normalement.

La poudre de lait écrémé suffit aussi à l'entretien des rats adultes, mais elle n'assure pas les fonctions de reproduction.

J'ai pensé qu'il est possible de donner à la poudre de lait écrémé la propriété que l'écrémage a supprimée, en l'additionnant d'aliments minéraux.

Puisque le lait écrémé renferme tous les éléments minéraux nécessaires à l'entretien des adultes, on peut supposer que l'écrèmage réduit un ou plusieurs de ces éléments dans des proportions telles que les quantités restantes, juste suffisantes pour faire face à la ration d'entretien, sont incapables d'assurer les fonctions de reproduction. Le fait que les animaux se maintiennent en bon état de santé indique que leur fécondité ne peut être obtenue que par l'apport des éléments minéraux qui exercent une influence directe sur les fonctions de reproduction.

J'ai admis pour diverses raisons que le phosphore, le fluor et l'iode doivent figurer au nombre de ces éléments. L'addition de ces corps à la poudre de lait écrémé ne saurait cependant corriger tous les défauts résultant de la suppression de la matière grasse; j'ai donc constitué les quatre types de rations ci-dessous, en mélangeant à la poudre de lait écrémé A, des proportions variables d'extrait de lait entier B :

$1 = A + 0$, $2 = A + B$ 5 pour 100, $3 = A + B$ 10 pour 100, $4 = A + B$ 25 pour 100.

L'extrait A renferme 0,35 pour 100 de matières grasses; l'extrait B en contient 25,53 pour 100. Les proportions des matières grasses pour 100 dans les 4 types de rations sont donc respectivement: 0,35, 1,60, 2,86, 6,64.

Quatre autres types 1', 2', 3', 4' ont été préparés en additionnant les précédents des composés ci-dessous dans les proportions indiquées.

Phosphate bicalcique	1	pour 1000
Fluorure de sodium	0,1	»
Iodure de potassium	0,05	»

Ces sels bien pulvérisés sont mélangés préalablement à 50g de poudre de

lait écrémé dans le but de réaliser l'homogénéité des préparations. Les rations 2′, 3′, 4′ renferment donc une proportion de matières grasses légèrement plus faible que les rations 2, 3, 4.

Toutes les rations indistinctement sont additionnées de 40 pour 100 de leur poids de poudre de liège. La matière est légèrement humectée d'eau distillée de façon à former une pâte grumeleuse assez consistante à laquelle on incorpore, au moment de la distribution, 1^{cm^3} de suc de citron par rat et par jour. Les rations et le breuvage (eau distillée) sont fournis *ad libitum*.

Les expériences, commencées en octobre 1923, ayant montré bientôt que le phosphate bicalcique est superflu et que les proportions de fluor et d'iode peuvent être doublées, j'ai recherché l'influence de ces deux derniers corps, associés ou séparés, sur les fonctions de reproduction.

Les lots d'animaux comptent de 4 à 6 individus, les femelles étant, autant que possible, deux fois plus nombreuses que les mâles. Les animaux proviennent de l'élevage du laboratoire; j'ai choisi de préférence de jeunes sujets. Mais leur poids doit dépasser 80^g au moment où on les soumet à l'un des divers types de régime.

Les résultats acquis à l'heure actuelle sont les suivants :

I. Les animaux nourris avec les mélanges 1, 2, 3, 4 privés de sels ne se sont pas reproduits.

II. Les animaux alimentés par les mélanges 1′, 2′, 3′, 4′ ont donné en tout 14 portées comptant ensemble 75 petits; ces 14 portées comprennent à la fois les produits des lots qui ont reçu soit le mélange primitif des trois sels, soit le fluor et l'iode, associés ou séparés.

III. Le mélange 1′ est resté sans effet tant que la dose primitive des sels n'a pas été doublée.

IV. Les mélanges 1′, 2′, 3′ sont incapables d'assurer la lactation normale chez les mères de même que la croissance des petits. J'ai réussi à corriger ces défauts, en utilisant le mélange 2′ additionné de 8 pour 100 d'huile d'olive qui est on le sait à peu près exempte de facteur A; la dose primitive d'iode et de fluor y est également doublée.

V. Le phosphate ajouté ne joue aucun rôle; la reproduction est assurée aussi bien par l'iode et le fluor que par le mélange des trois corps.

VI. Les expériences relatives à l'influence individuelle de l'iode et du fluor sont en cours; jusqu'ici, les résultats sont en faveur du fluor : 1 portée contre 0 à l'iode.

PHYSIOLOGIE. — *Masse protoplasmique active et albumines de réserve.* Note de M. T. KAHN, présentée par M. Henneguy.

La notion de masse protoplasmique active, notion ancienne qui a pris un nouvel intérêt à la suite des travaux de Bénédict, a été récemment l'objet de vives critiques. Dans son rapport sur le métabolisme basal, Terroine ([1]) écrit : « Il faut abandonner toute idée de considérer comme un élément important de la loi qui régit l'intensité du métabolisme basal chez les homéothermes, une variation quantitative et peut-être même qualitative de la masse active. » Et pourtant ce même auteur, essayant dans ce même rapport de formuler une loi régissant la dépense énergétique des homéothermes, débute ainsi : « *A égalité de masse active, définie* par le taux de l'azote total, etc.). »

Il faut en conclure que, même pour ses détracteurs, la notion de masse active reste indispensable pour exprimer, par rapport à une unité convenable, la grandeur des dépenses énergétiques et pouvoir évaluer l'influence des facteurs d'intensité.

Le poids brut étant indéfendable, quelle doit être l'unité de base? Quels pourront être les représentants de cette masse active? Les protides en sont-ils un représentant qualifié ([2])?

Ils ne peuvent l'être que s'il n'existe pas de protides de réserve chez l'animal adulte. C'est là un point controversé depuis longtemps et non résolu; il a fait l'objet de discussions récentes. Le Breton et Schæffer ([3]) pensent qu'il existe notamment dans le muscle des protides de réserve qu'ils appellent albumines paraplasmatiques par opposition aux albumines protoplasmiques. Leur conception, née d'une représentation physicochimique de la cellule, s'appuie à la fois sur des données morphologiques et physiologiques. Cette hypothèse, en accord avec l'opinion de beaucoup de physiologistes, a été vivement critiquée par Terroine ([4]) à l'aide des arguments suivants :

([1]) E.-F. TERROINE, *Le métabolisme de base* (Masson, éditeur, Paris, 1924, p. 70 et 74).

([2]) Il reste entendu qu'un élément qui est représentatif de la masse active n'est pas la masse active elle-même.

([3]) LE BRETON et SCHÆFFER, *Variations biochimiques du rapport nucléo-plasmatique* (Masson, Paris 1923).

([4]) E.-F. TERROINE, *loc. cit.*

1° S'il existait des albumines de réserve, les Mammifères de tailles différentes, appartenant soit à la même espèce, soit à des espèces variées, *auraient un taux différent d'azote total*. Nous ne saisissons pas la valeur de cet argument. Tout le monde sait que toutes les albumines contiennent 16 à 18 pour 100 d'azote total; le fait qu'une partie de ces albumines se comporterait comme des réserves ne changerait pas leur composition centésimale ni par suite le taux d'azote d'un organisme entier. On sait depuis longtemps que les légères différences de teneur en azote des organismes totaux ne tiennent qu'à leur inégale teneur en réserves grasses.

2° Au cours du jeûne « la cellule peut parfaitement diminuer de dimensions par une perte proportionnelle de tous ses éléments ». Ce second argument serait valable s'il était démontré par des faits expérimentaux. Mais voici celui qu'apporte Terroine : chez l'animal mort d'inanition le taux de l'azote est le même que chez l'animal normal; donc la composition d'un organisme mort d'inanition est identique à celle de l'animal normal (aux graisses près). Nous retrouvons ici la même supposition inadmissible réfutée plus haut : teneur en azote totale différente pour les albumines paraplasmatiques et protoplasmiques.

Depuis longtemps nous expérimentons dans des directions diverses pour savoir si la composition, soit des tissus, soit d'un organisme entier, varie au cours du jeûne par suite d'une perte inégale des différents constituants (albumine, créatine, phosphatides, acide nucléinique, etc.). L'ensemble de nos recherches et nos résultats numériques ne saurait être exposé ici. Le seul point que nous en voulons dégager est le suivant : Laissant de côté les graisses neutres et les hydrates de carbone (indiscutables matériaux de réserve), la disparition, au cours de l'inanition, des autres constituants de l'organisme, cités plus haut, ne se fait pas sous un régime tel que leurs proportions réciproques restent invariables. Tels éléments disparaissent plus vite que d'autres, en sorte que la proportion des seconds par rapport aux premiers augmente dans la cellule.

Les changements de composition seront plus ou moins grands suivant le tissu considéré et sa richesse en éléments paraplasmatiques.

Donnons un exemple d'expérience démontrant à notre avis qu'il y a dans le muscle des protides de réserve :

Nous avons analysé comparativement les muscles de la cuisse d'un lapin normal et d'un lapin inanitié ayant perdu 33 pour 100 de son poids. Animaux tués par saignée, lavés au Ringer par l'aorte. Muscles broyés, coagulés à l'ébullition par l'acide acétique à 1 pour 100; extraits par l'eau bouillante et par l'alcool à 95° (méthode de Janney).

On a dosé l'azote albuminoïde d'une part, l'azote purique des purines combinées d'autre part ([1]). L'azote trouvé est transformé en protides en multipliant par 6,25. L'azote purique combiné a été transformé en acide nucléinique (140^{mg} d'azote purique correspondant à 1437^{mg} d'acide nucléinique). Nous avons fait le rapport de ces deux constituants avant et après le jeûne :

Animal normal. — Pour 11^{g},725 de protides secs on a 0^{g},80 d'acide nucléinique, soit pour 100^{g} de protides 0^{g},684 d'acide nucléinique.

Animal inanitié. — Pour 11^{g},318 de protides secs on a 0^{g},108 d'acide nucléinique, soit pour 100^{g} de protides 0^{g},961 d'acide nucléinique.

On voit donc qu'au cours du jeûne la proportion d'acide nucléinique par rapport aux protides a passé de 684 à 961, *soit une augmentation de 40 pour* 100. Schématisant, on peut dire qu'au cours du jeûne la vitesse de disparition des albumines musculaires l'emporte de beaucoup sur la vitesse de disparition de l'acide nucléinique; les albumines comparées à l'acide nucléinique se comportent comme des substances de réserve.

Mais si nous ne saisissons, dans l'exemple choisi, qu'une augmentation de 40 pour 100 de l'acide nucléinique par rapport aux albumines, c'est parce que nous rapportons cet acide nucléinique à l'ensemble des protides protoplasmiques et paraplasmatiques. Si l'on rapportait l'acide nucléinique à l'albumine paraplasmatique, c'est-à-dire à la fraction des protides se comportant comme réserves, on saisirait des variations de composition autrement considérables. Pour rendre possible un tel calcul nous avons essayé de distinguer les albumines proto- et paraplasmatiques entre elles, non par leur teneur en azote total évidemment semblable, mais par leur teneur inégale en certains acides aminés. C'est ce procédé qui nous permettra de démontrer l'évolution non seulement quantitative mais qualitative de la masse active, au cours de l'inanition. Nous pensons par les recherches citées aujourd'hui avoir prouvé l'existence de protides de réserve, et démontré par suite que les protides totaux ne sont pas un représentant qualifié de la masse active.

([1]) Notre technique de dosage des purines combinées, qui comporte des points spéciaux, sera publiée avec nos résultats expérimentaux.

PHYSIOLOGIE. — *Modifications que la cuisson détermine dans le métabolisme de la viande*. Note de MM. **Ch. Richet** fils et **R. Monceaux**, présentée par M. Charles Richet.

Il a été prouvé que les chiens nourris exclusivement à la viande cuite succombent, alors qu'ils vivent indéfiniment si on les alimente avec la viande crue. Il était intéressant de voir par l'analyse des urines s'il y avait ou non des troubles dans le métabolisme des matières protéiques. Les seules recherches qui, à notre connaissance, avaient été poursuivies dans cette voie sont celles de Galbraith et de Charles Richet.

Galbraith a montré que, pour une même quantité d'albumines ingérées (viande crue ou viande cuite), l'élimination d'urée est plus considérable quand ces albumines sont cuites.

Charles Richet a indiqué que le tuberculeux qui ingère du jus de viande en notable quantité fixe alors dans son organisme de l'azote et du phosphore. En même temps son poids corporel augmente.

Nous avons repris cette étude en la modifiant de la façon suivante :

Nous avons placé deux chiens pesant de 6 à 7^{kg} dans deux cages. Ils étaient alimentés avec 30^{g} de viande maigre de bœuf par kilogramme. Cette viande était soit crue, soit à demi cuite, soit bouillie 10 minutes ou 60 minutes, soit *surcuite* (60 minutes à 115°); et celle par périodes de 20 à 30 jours, sauf la viande bouillie qui fut donnée 100 jours de suite.

Les urines étaient recueillies dans un bocal additionné de thymol et entouré de glace. Les mensurations d'urine étaient quotidiennes; les analyses pratiquées en général une fois par semaine. Les méthodes d'analyse étaient les méthodes classiques. Nous ne pouvons donner ici que les moyennes des cinq ou six analyses que nous avons faites, sur chacun des deux chiens, avec chacun des régimes.

Tableau I. — *Élimination absolue par jour.*

	Volume de l'urine en cm^3.	Urée.	Azote total.	Chlorures.	P^2O^5.	Acide urique (et bases puriques).	Rapport azoturéique.
Viande crue	129	12,13	6,39	0,166	0,785	0,434	89
Viande à demi cuite	257	14,82	7,79	0,197	1,221	//	88
Viande bouillie (10 minutes)	168	18,91	8,40	0,36	0,778	0,248	84
Viande bouillie (60 minutes)	285	15,34	9,65	1,18	0,94	0,30	76,6
Viande *surcuite* (115°-60 minutes)	142	16,90	8,50	0,322	1,238	0,247	83,63 (1)

(1) Ce rapport représente la quantité d'azote uréique pour 100 d'azote total.

Ou en faisant égal à 100 le chiffre obtenu dans l'alimentation avec la viande crue :

TABLEAU II. — *Élimination centésimale.*

	Volume.	Urée.	Azote total.	Chlorures.	P^2O^5.	Rapport azo-turéique
Viande à demi cuite..........	200	121,9	122,1	119	158	99
Viande bouillie (10 minutes)..	130	147	131	217	99	94
Viande bouillie (60 minutes)..	221	126	152	711	120	88
Viande *surcuite* (115°-60 min.).	110	139	133	194	170	94 (1)

Ainsi, si l'on compare les chiens à alimentation normale (c'est-à-dire nourris avec de la viande crue) aux chiens alimentés avec de la viande *surcuite*, on voit que ceux-ci éliminent en plus 39 pour 100 d'urée; 70 pour 100 d'acide phosphorique; 94 pour 100 de Na Cl. Cependant ils ingéraient la même quantité d'albumine, de phosphore et de chlorures.

Nourris avec de la viande bouillie une heure, ils éliminent en plus : 26 pour 100 d'urée; 20 pour 100 d'acide phosphorique et 700 pour 100 de chlorure de sodium.

L'élimination plus considérable de phosphore et d'azote ne s'explique que par une dénutrition azotée. L'élimination exceptionnelle en chlorures ne s'explique que par une disparition progressive des chlorures en réserve dans l'organisme, réserves faibles, mais non pas insignifiantes.

Il est curieux de voir que l'élimination hydrique varie considérablement avec le régime; en particulier si l'on donne de la viande à demi cuite ou de la viande bouillie une heure, il y a polyurie manifeste; cette polyurie ne paraît pas en rapport direct avec l'élimination des chlorures de l'urée ou de l'ensemble des bases puriques et acide urique.

Il nous paraît que la conclusion de nos recherches peut ainsi se formuler : *le métabolisme de la viande crue est plus parfait que celui de la viande cuite.*

De là quelques inductions diététiques qu'on peut formuler ainsi :

1. Dans le groupe des affections hépatiques, où il y a toujours troubles du métabolisme azoté, on diminuera ces troubles en donnant la viande crue.

2. Dans les affections rénales, il y a avantage à donner de la viande très cuite. On favorisera ainsi à la fois la déchloruration et l'élimination hydrique.

(1) Ce rapport représente la quantité d'azote uréique pour 100 d'azote total.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'hypertrophie compensatrice après castration unilatérale, chez le coq domestique.* Note [1] de M. J. **Benoit**, présentée par M. Widal.

Ribbert (1890) et ses élèves ont montré que l'ablation d'un testicule déterminait, chez de jeunes lapins, une croissance hypertrophique du testicule restant. Ribbert pense qu'il s'agit là d'une « hypertrophie compensatrice » du testicule. Bouin et Ancel (1903) confirmèrent ce fait chez le porc cryptorchide : la castration unilatérale peut entraîner, lorsqu'elle est faite chez de jeunes sujets, le doublement du volume du testicule restant. Lipschutz (1922-23) reprit les expériences de Ribbert. Il constata que le testicule du lapin ne s'hypertrophie pas lorsque l'opération est pratiquée chez l'adulte. Chez les sujets opérés dans le jeune âge, le testicule restant peut peser, quelques mois après l'intervention, deux fois plus que chacun des testicules des témoins. Mais cette différence de poids s'atténue progressivement avec le temps, et, plus d'un an après la castration unilatérale, le testicule n'est guère plus volumineux que celui des sujets témoins. Lipschütz en conclut que l'ablation d'un testicule a simplement hâté la croissance de l'autre organe. L'hypertrophie constatée est passagère; elle n'est pas « compensatrice ».

J'ai entrepris chez le coq des expériences de castration unilatérale, qui montrent que, lorsque l'ablation d'un testicule est pratiquée assez tôt, elle détermine non seulement une accélération de croissance du testicule restant — ce qui réaliserait seulement une hypertrophie passagère — mais bien aussi une réelle hypertrophie compensatrice. Les résultats de quelques-unes de ces expériences, effectuées sur des coqs Leghorn dorés (D) et Leghorn blancs (L) sont donnés dans le tableau ci-contre.

Considérons tout d'abord les quatre premiers sujets. J'ai pratiqué sur eux une laparotomie exploratrice, et prélevé un fragment de testicule, 2 mois et demi après la castration unilatérale de D-3 et D-18. Le testicule restant des sujets opérés était notablement plus volumineux (deux fois environ) que chacun des testicules des sujets témoins. De plus il était à un stade plus avancé de la prespermatogénèse. La castration unilatérale

(1) Séance du 25 mai 1925.

a donc accéléré, comme c'est le cas chez les Mammifères, la croissance du testicule restant. D'autre part la pesée de ce dernier, à l'autopsie, montre qu'il a subi en outre une réelle hypertrophie [1]. Le testicule unique de D-3 pesait 39g,2, c'est-à-dire plus que les deux testicules réunis de chacun des témoins. Rapportée au poids du corps $\left(\frac{T}{P}\right)$, la masse de ce testicule est plus considérable $\left(\frac{1}{56}\right)$ que celle des deux testicules [2] des témoins $\left(\frac{1}{77} \text{ et } \frac{1}{75}\right)$.

Sujets.	Age au moment de l'opération.	Poids du test. enlevé.	Age à l'autopsie.	Poids du sujet à l'autopsie (P).	Poids test. à l'autopsie (T).	$\frac{T}{P}$.
D-10 (normal)...................	//	//	1 an 1 m.	2380g	30g,8	$\frac{1}{77}$
D-126 »	//	//	1 an 2 m. 15 j.	2480	33,25	$\frac{1}{75}$
D-3 (castré unilat.)...............	18 jours	0g,009	1 an 1 m.	2210	39,2	$\frac{1}{56}$
D-18 »	20 jours	0,012	1 an 1 m.	2210	28,2	$\frac{1}{79}$
L-12 (normal)...................	//	//	9 m. 5 j.	1185	11,5	$\frac{1}{107}$
L-13 (castré unilat.).............	2 mois	0,018	9 m. 16 j.	1280	19,3	$\frac{1}{66}$
L-26 »	7 mois	3,68	1 an 9 m. 15 j.	1620	9,9	$\frac{1}{160}$
L-18 »	7 m. 26 j.	12,16	1 an 9 m.	1940	13,5	$\frac{1}{140}$
D-8 (castré presque complètement)...	18 jours	$> \frac{29}{30}$ des 2 test.	11 m. 17 j.	2010	28,4	$\frac{1}{70}$

Il en est de même pour L-13, castré unilatéralement à l'âge de 2 mois. Le testicule restant de cet animal pesait, à l'autopsie, beaucoup plus (19g,3) que les deux testicules du témoin L-12 (11g,5).

Les résultats sont tout autres quand la castration unilatérale est pratiquée tardivement. Le testicule de L-18, enlevé à 7 mois 26 jours, avait déjà atteint à ce moment son développement complet et pesait 12g,16. A l'au-

(1) Cette hypertrophie est due à une augmentatiou de longueur et peut-être de nombre des tubes séminifères, mais non pas à une augmentation de leur calibre.

(2) Les testicules de ces sujets témoins D-10 et D-126, âgés de plus d'un an, ont atteint leur développement maximum.

topsie, c'est-à-dire 1 an et 1 mois plus tard, l'autre testicule ne pesait pas sensiblement davantage : 13g,5. Il n'y a donc pas eu d'hypertrophie testiculaire. Quant au sujet L 26, il fut opéré à 7 mois, alors que ses testicules n'avaient pas encore atteint leur taille définitive (poids du testicule enlevé : 3g,68). Le testicule restant ne subit cependant aucune hypertrophie compensatrice pendant les 14 mois qu'il continua, seul, à se développer : il pesait, à l'autopsie, 9g,9.

Une expérience de castration presque totale m'a procuré un résultat intéressant, concernant la capacité de développement du parenchyme testiculaire jeune. D-8 fut castré bilatéralement à 18 jours. Un petit fragment de testicule, certainement inférieur à $\frac{1}{30}$ de la masse totale des deux organes, avait cependant été épargné. Ce fragment se développa en un volumineux nodule, qui pesait autant à l'autopsie (28g,4) que deux testicules normaux bien développés.

Ces expériences montrent que, lorsque la *castration unilatérale* est pratiquée assez tôt, à un moment où les testicules ne sont pas encore très développés, le testicule restant présente non seulement une *accélération de croissance*, mais encore une réelle *hypertrophie compensatrice;* à la fin de son évolution, il pèse autant que les deux testicules d'un sujet témoin. Au contraire, lorsque l'opération est effectuée à un moment où les testicules ont déjà subi un accroissement notable, le poids qu'atteint le testicule restant, à la fin de son développement, n'est pas supérieur à celui qu'il aurait obtenu si l'organe homologue n'avait pas été enlevé. Le tissu testiculaire possède donc, quand il est suffisamment jeune, et seulement dans ce cas, des *potentialités de développement supérieures* à celles qui se manifestent normalement; et ces potentialités ne se réalisent que lorsqu'on enlève, chez de jeunes sujets, une partie du parenchyme testiculaire. Il semble que, normalement, les testicules se développent jusqu'à ce que soit atteint un certain rapport quantitatif, qui correspondrait à une sorte d'*équilibre entre le tissu testiculaire et l'organisme.* Lorsqu'on diminue, assez précocement, la quantité du parenchyme testiculaire, ce qui reste de testicule croît plus que de coutume, jusqu'à atteindre la masse correspondant à cet état d'équilibre.

CYTOLOGIE. — *Les amibocytes du Lombric à l'état quiescent et à l'état actif.* Note de MM. E. **Fauré-Fremiet** et **J. Murakami**, présentée par M. Henneguy.

État quiescent. — Les amibocytes du Lombric apparaissent sur les coupes histologiques comme des cellules irrégulièrement discoïdes ou sphérulaires; cet aspect décrit par A. Dehorne ([1]) correspond à l'état quiescent, et cet auteur décrit un réseau spongioplasmique colorable analogue au « linome » de certains leucocytes d'Invertébrés, et contribuant à la formation des pseudopodes pétaloïdes de Rosa (ptéropodes de Dekhuizen) lorsque cette cellule passe *in vitro* à l'état actif, c'est-à-dire à la forme de « choanoleucocytes ».

L'observation attentive des amibocytes immédiatement après l'extraction de la lymphe, ou sur les coupes de Lombric, lorsqu'ils sont encore dans la cavité générale, montre que leur masse « irrégulièrement discoïde » ou sphérulaire est, en réalité, profondément incisée et découpée en digitations courtes, serrées, de longueurs sensiblement égales, entourant une zone centrale qui renferme le noyau et le corps central presque toujours bien visible comme une petite masse homogène. Nous n'avons vu que rarement, et peu développés, les filaments astériens décrits par Joseph autour de cette sphère, et nous n'avons pas observé le réseau spongioplasmique de Dehorne. Après fixation par les liquides de Regaud, de Champy et de Weigl, nous avons constaté, par contre, l'existence d'un chondriome très développé, formé par des filaments flexueux et contournés constituant de longues boucles dans les digitations cytoplasmiques.

État actif. — Lorsque les amibocytes subissent *in vitro* et très rapidement ([2]) la transformation qui les amène à l'état de « choanoleucocytes », les digitations se fusionnent, la cellule forme une masse indivise dans laquelle les longs chondriocontes se fragmentent aussitôt en mitochondries granuleuses, puis de larges expansions lamellaires de cytoplasma hyalin se développent à un pôle et donnent l'aspect en corolle décrit par Goodrich.

([1]) A. Dehorne, *Sur les expansions pétaloïdes des leucocytes des Chétopodes; le linome; le monaster neuro-moteur* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 333).

([2]) Fauré-Fremiet, *État quiescent et état actif chez les amibocytes d'Arénicole* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 396).

Les liqueurs iodo-iodurées et l'acide osmique fixent très exactement ces lames hyalines dont l'épaisseur est extrêmement faible, et qui, dépourvues de toute espèce d'inclusions, telles que les mitochondries, sont difficiles à suivre dans leurs replis compliqués. Parfois, la coupe optique d'un plissement simule l'existence d'un épaississement marginal, et explique, comme le montre Goodrich, les aspects erronés figurant, dans les descriptions antérieures, des lames « pétaloïdes » indépendantes. Nous n'avons jamais observé le cordon décrit par Dehorne « qui, passant d'un pétaloïde à l'autre sans s'interrompre, et en reproduisant leurs ondulations, apparaît comme un anneau compliqué avec des parties enroulées en spirale » et qui dériverait du spongioplasma.

Lorsque les choanoleucocytes s'étalent sur le verre du porte-objet, ils couvrent une surface considérable par rapport à leur diamètre primitif; la région centrale, avec le noyau et la sphère, conserve seule, pendant quelque temps, une épaisseur encore sensible. Après fixation au liquide de Weigl, on constate l'existence dans cette région de granulations fuchsinophiles que l'on ne peut identifier qu'aux mitochondries; mais celles-ci, sous l'effet d'un étalement excessif sans doute, apparaissent dans la région périphérique comme des plaques circulaires nettement colorables encore; elles peuvent enfin disparaître en laissant autant d'espaces vides dans un fin réseau protoplasmique, et Léo Loeb a fait des constatations analogues sur les amibocytes de *Limulus* largement étalés. La zone hyaline correspondant aux lames pétaloïdes demeure parfaitement homogène, et très faiblement colorable; quelques plissements permettent d'en mieux saisir les limites.

États physiques des amibocytes. — En utilisant les fines aiguilles du micromanipulateur de Chambers on constate que les amibocytes à l'état quiescent sont relativement rigides; on peut cependant étirer leur protoplasma en filaments assez tenaces et dépourvus d'élasticité. Lorsque la cellule s'est transformée en choanoleucocytes, dans la lymphe, ou dans NaCl à 7 pour 1000, on remarque que les lamelles hyaloplasmiques non étalées sur le verre sont flexibles et élastiques; leur rigidité se manifeste aisément quand on appuie sur leur extrémité avec une aiguille, ou par l'intermédiaire d'un courant liquide; mais si l'on transperce avec l'aiguille de verre le corps de la cellule, les lames pseudopodiques se désagrègent très rapidement en une masse granuleuse.

Sous l'action de $CaCl^2$ en solution $\frac{N}{10}$, le cytoplasma hyalin devient visqueux; le contact des aiguilles suffit à transformer les lames pétaloïdes

en gouttes hyalines, ou bien en filaments et réseaux d'aspect myélinique qui peuvent être isolés et persister dans le liquide. Si l'on emploie une solution hypotonique $\left(\frac{N}{20}\right)$ de $CaCl^2$ au moment où l'amibocyte se transforme, la cellule se gonfle et, tandis que les granulations mitochondriales peuvent être colorées par le violet dahlia dans la région centrale, une phase visqueuse et réfringente se sépare dans le cytoplasma sous forme de gouttelettes qui peuvent confluer en une couche externe et que l'on peut étirer en filaments de très grande longueur. Les lames pseudopodiques déjà formées présentent dans ce cas des propriétés identiques.

Conclusions. — D'après ces faits la formation des pseudopodes pétaloïdes, d'ailleurs très peu mobiles, ne nous semble pas liée à l'existence d'un *appareil neuro-moteur;* on pourrait l'interpréter comme représentant la séparation d'une phase cytoplasmique à rapprocher des substances dites *myéliniques*, cette séparation pouvant être à la fois exagérée et modifiée dans certaines conditions expérimentales.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'aspéruloside, glucoside nouveau retiré de l'Aspérule odorante.* Note de M. **H. Hérissey**, présentée par M. Guignard.

Dans un travail publié en 1920 avec Bourquelot ([1]), j'ai démontré l'existence, dans l'Aspérule odorante, de principes glucosidiques dédoublables par l'émulsine, l'un de ceux-ci devant être considéré comme le générateur de la coumarine, qui apparaît au cours de la dessiccation ou par broyage du végétal. Au cours de nouvelles recherches dont le détail paraîtra dans un autre Recueil, j'ai isolé de l'Aspérule un glucoside nouveau, auquel j'ai donné le nom d'*aspéruloside*.

Extraction de l'aspéruloside. — On a utilisé comme matière première les parties aériennes d'Aspérule odorante récoltées en mai, au début de la floraison. La plante est traitée par l'alcool bouillant; l'extrait alcoolique obtenu après distillation de l'alcool est repris par l'eau. La solution aqueuse distillée fournit un extrait qu'on épuise par l'éther acétique qui n'enlève pas sensiblement de glucoside à coumarine. Les liqueurs éthéroacétiques convenablement concentrées et additionnées d'éther ordinaire laissent, après amorçage, cristalliser l'aspéruloside ([2]), dont le rendement en

---

([1]) *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1545.

([2]) Les premiers cristaux d'aspéruloside ont été obtenus en utilisant un mode d'extraction un peu plus complexe qui sera décrit ailleurs.

produit brut est d'environ $0^g,50$ par kilogramme de plante fraîche. Le glucoside est purifié par recristallisation dans l'éther acétique, puis séché à l'air.

Propriétés de l'aspéruloside. — L'aspéruloside cristallisé, séché à l'air, se présente sous forme de longues aiguilles incolores, brillantes, soyeuses, rappelant en masse l'aspect de la caféine. Il est combustible sans résidu. Il perd à 105-110°, 4,36 pour 100 de son poids. Il fond à 126-127°. Il est assez soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool et l'éther acétique froids, insoluble dans l'éther.

Le pouvoir rotatoire a été déterminé sur deux échantillons différents; il n'y a pas de polyrotation :

$$\text{I.}\quad [\alpha]_D = -195°,59\ (v = 40^{cm^3},\ l = 2,\ p = 0^g,7941,\ \alpha = -7°,46')$$
$$\text{II.}\quad [\alpha]_D = -195°,43\ (v = 22^{cm^3},\ l = 2,\ p = 0^g,3377,\ \alpha = -6°).$$

Rapporté au produit anhydre, le pouvoir rotatoire serait donc sensiblement de — 204°,4.

L'aspéruloside n'est pas azoté. Il ne réduit pas les liqueurs cupropotassiques.

Hydrolyse par les acides. — I. Une solution aqueuse renfermant, pour 100^{cm^3}, $1^g,5881$ d'aspéruloside et 2^g d'acide sulfurique, contenait, après chauffage de 3 heures au bain d'eau bouillante, $0^g,7070$ de sucre réducteur, exprimé en glucose, soit 44,51 pour 100 de glucoside primitif. La rotation était alors $+48'$ ($l = 2$) (calculé pour $0^g,7070$ de glucose d : $+44',5$).

II. Une solution contenant, pour 100^{cm^3}, $1^g,3954$ d'aspéruloside et $0^g,90$ d'acide sulfurique, renfermait, après 2 heures d'hydrolyse, $0^g,6014$ de sucre, soit 43,03 pour 100 de glucoside et avait une rotation de $+40'$ (calculé pour $0^g,6014$ de glucose : $+37',8$).

Au cours de l'hydrolyse, les liqueurs se colorent d'abord en vert, puis laissent déposer un précipité noir brun, de poids variable suivant les conditions de l'expérience, résultant incontestablement de l'altération du produit (*aspéruligénol*) qui est uni au sucre dans l'aspéruloside; on constate en même temps une odeur assez spéciale rappelant celle observée au cours de l'hydrolyse acide de l'aucubine, glucoside de l'*Aucuba japonica* L.

Dédoublement par l'émulsine. — L'aspéruloside est dédoublable par l'émulsine avec mise en liberté de sucre réducteur et apparition d'un précipité brun qui entraîne, au moins partiellement, le ferment mis en œuvre. La production de ce précipité explique le noircissement de l'Aspérule odorante, au cours d'une mauvaise dessiccation.

Une solution aqueuse à $0^g,9926$ pour 100^{cm^3} avait, après 93 jours d'action de l'émulsine, une rotation de $+26'$ (calculé pour $0^g,4880$ de glucose : $+28'$) et une teneur en sucre de $0^g,4480$, soit 45,14 pour 100 de glucoside.

Le pourcentage en sucre obtenu dans le dédoublement fermentaire se confond donc, aux erreurs d'expérience près, avec celui observé dans l'hydrolyse acide (44,51 et 43,03 pour 100).

La *cryoscopie*, dans l'eau, de l'aspéruloside cristallisé a donné

$$M = 18,5 \times \frac{1,550}{0°,07} = 409,6.$$

L'aspéruloside, chauffé avec de l'alcool additionné d'une trace d'acide chlorhydrique, donne une coloration vert bleu qui rappelle beaucoup la coloration bleue fournie par l'aucubine dans les mêmes conditions. Les phénomènes observés au cours des hydrolyses acide et fermentaire rapprochent d'ailleurs beaucoup l'aspéruloside de l'aucubine. D'autre part, des recherches encore inédites m'ont montré que l'on rencontre dans le règne végétal un certain nombre de glucosides, autres que l'aucubine et l'aspéruloside, fournissant par hydrolyse des précipités noir brun tout à fait analogues à ceux qui proviennent de ces deux derniers composés. En présence de tels précipités, l'extraction à l'état pur du glucoside qui les engendre permet seule de préciser avec certitude la nature chimique de ce dernier.

BIOLOGIE. — *Quatre générations d'*Artemia arietina *S. Fisch*.
Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Une femelle mure d'*Artemia salina* L. var. *arietina* S. Fisch, originaire des salines du Croisic, a été isolée fin septembre 1924. Parmi les métanauplius développés de sa ponte, l'un d'eux a été isolé, et j'ai pu mesurer et suivre ses courbes de croissance, courbes singulières que je décrirai ultérieurement; cet individu, encore une femelle, mourut le 25 janvier 1925. Au 18 février, j'eus plusieurs nauplius et pus suivre le développement de l'un d'eux, jusqu'au 12 mai, date de sa mort; enfin, au 22 mai, j'eus une quatrième génération qui continue à évoluer.

Le développement étant parthénogénétique, nous avons, en somme, une *lignée pure*, où, pendant quatre générations, les caractères *arietina* se sont maintenus d'une façon remarquable. Cette lignée nous a montré un certain nombre de points intéressants, dont je ne noterai ici que quelques-uns.

Les recherches de Bateson, Samter et Heymons, Artom, Abonyi avaient abouti à cette conclusion, considérée actuellement comme classique, que les diverses variétés d'*Artemia salina* L., obtenus expérimentalement par Schmankewitsch (1874-1877), ne constituaient pas, comme l'avait cru le zoologiste russe, des formes spécifiques héréditaires, des espèces distinctes, mais de simples variables œcologiques nées sous l'influence directe ou indi-

recte de la concentration saline : pour les mendeliens, ce sont de simples *somations*.

Il était cependant singulier qu'on ne trouvât dans la même localité que la même forme d'*Artemia*; et plusieurs auteurs, dont Evans, avaient déclaré n'avoir jamais trouvé toutes les formes décrites par Schmankewitsch. Artom avait différencié les *Artemia* de Cagliari, toujours sexuées, pourvues de 21 tétrades au stade synapsis (nombre diploïde $= 42$) des *Artemia* de Capodistria parthénogénétiques, et ayant d'après Brauer et Petrunkwitsch 84 chromosomes dans l'œuf mûr (168 après refusion du deuxième globule polaire). On a même fait des sous-genres pour certaines formes locales américaines ou asiatiques. Au Croisic, je n'ai jamais rencontré que la forme *arietina*, avoisinant d'ailleurs *Milhausenii* par le petit nombre de ses soies caudales (1-5). Giard et Daday de Dees ont fait la même constatation au Pouliguen, dont les salines continuent celles du Croisic. Jamais je n'ai trouvé la forme *principalis* Simon. La lignée que je viens d'exposer confirme ce fait.

D'autre part, d'après la théorie classique, la forme de l'adulte est déterminée par la composition de l'environnement à un moment donné, et dans une saline où les variables changent perpétuellement nous devrions trouver toutes les formes décrites par Schmankewitsch. Il n'en est rien, et nous en avons une confirmation dans les conditions du développement de notre lignée. La première génération vivait dans une eau sursalée d'un P_H avoisinant 8,6. La deuxième évolua dans un P_H qui descendit graduellement de 8,6 à 8,2. La troisième vécut dans un P_H que je fis descendre progressivement de 8,25 à 7,8; enfin j'élève la quatrième dans un P_H ascendant, de 7,8 à 8,4 (taux actuel où je veux la maintenir).

Ces grandes variations dans l'alcalinité du milieu n'ont apporté aucune modification aux caractères des individus qui sont resté *arietina*.

Il me paraît donc absolument prouvé que les individus sur lesquels j'ai expérimenté ont des caractères fixes, stables, irréversibles, et que *A. arietina* S. Fisch, du Croisic, est une bonne espèce.

Comment expliquer alors les résultats que les auteurs antérieurs et moi-même (1922-1924) avions obtenus et qui semblent en contradiction formelle avec ces conclusions? Un certain nombre d'autres cas de races locales, que je ne puis mentionner ici, nous donnent la clef de cette énigme apparente.

Lorsque le milieu agit sur un *individu en croissance*, il se produit une *postadaptation réactionnelle* qui se confond avec l'ancienne adaptation

lamarckienne; l'individu présente des variations somatiques, non fixées dans le patrimoine héréditaire, mais qui peuvent se maintenir, si le milieu qui leur a donné naissance, garde une certaine stabilité.

Lorsque le milieu agit sur un *individu en puissance*, il se produit une *adaptation germinale* qui peut aussi bien donner, par *allélogenèse*, des *allomorphes* plus *réversibles* qu'*irréversibles*. Ces derniers seuls peuvent, dans un milieu sans cesse changeant, maintenir une race locale définitivement stable; et c'est là vraisemblablement ce qui se produit normalement au Croisic; les individus sur lesquels j'ai expérimenté forment une population d'allomorphes irréversibles ([1]).

Comme j'ai fait des constatations analogues pour un certain nombre d'animaux de diverses espèces, et afin d'éviter la nomenclature trinominale qui, ici, n'aurait aucun sens, nous emploierons désormais les formules suivantes :

Pour la forme irréversible : *Artemia arietina* S. Fisch. Pour la forme réversible : *A. arietina* (⇌ *A. principalis*, Simon).

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Avitaminose* C *et cholestérinémie*. Note ([2]) de MM. **Mouriquand, Leulier, Michel, Idrac**, présentée par M. Widal.

Depuis plus d'un an nous avons institué une série de recherches pour élucider, si possible, la répercussion de l'avitaminose C sur la composition du sang du cobaye.

Nous avons observé les résultats suivants :

1° La teneur en fer du sang des sujets humains ou des animaux scorbutiques s'abaisse nettement pendant la période d'avitaminose C pour revenir, rapidement à la normale, au cas d'ingestion, même tardive, d'aliments frais. Le taux du fer sanguin suit l'évolution du scorbut ([3]).

2° La glycémie du cobaye normal et celle du cobaye scorbutique n'offrent pas d'écarts suffisants pour permettre de tirer une conclusion autre que celle-ci : l'avitaminose C aiguë ne provoque pas, chez le cobaye, de troubles profonds de la glycémie ([4]).

([1]) Il faut ajouter que ces individus provenaient de la même saline, et que, par conséquent, la population était homogène.

([2]) Séance du 25 mai 1925.

([3]) Mouriquand, Leulier, Michel, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 86.

([4]) Mouriquand, Leulier, Michel, *C. R. Soc. Biol.*, Lyon, 92, 1925, p. 271.

La présente Note a trait à la cholestérinémie du cobaye sain et du cobaye carencé. Sans vouloir citer tous les travaux ayant trait au métabolisme de la cholestérine, nous rappelons que le pourcentage sanguin varie en plus ou en moins dans des circonstances physiologiques ou pathologiques variées : alimentation, âge, intoxications, infections diverses.

Des circonstances banales comme la chaleur prolongée ou le froid seraient même capables (Parturier) de provoquer des augmentations ou des diminutions notables. Il était donc très légitime de rechercher quelle pourrait être l'influence du scorbut aigu ou chronique expérimental sur la cholestérinémie.

Tout d'abord, nous avons déterminé le taux de la cholestérinémie chez le cobaye normal, par la méthode colorimétrique de Grigaut.

Nous avons noté les chiffres suivants, par litre de sang :

	Cobayes mâles.		Cobayes femelles.
	0,40		0,37
	0,43		0,68
	0,38		0,57
	0,50		0,52
	0,40		0,21
	0,44		0,38
	0,44		0,33
	0,40		0,37
Moyenne......	0,42	Moyenne......	0,43

Nos chiffres sont tout à fait comparables à ceux publiés par Grigaut.

Nous ferons remarquer toutefois qu'il est bien difficile d'établir une moyenne permettant de conclure à l'hypo ou à l'hypercholestérinémie, lorsque l'on voit des chiffres extrêmes comme 0,21 et 0,68 concourir à la formation d'un chiffre moyen.

Voici les résultats observés pour le sang prélevé chez des cobayes à des jours différents de la maladie. Tous étaient atteints, avec plus ou moins d'intensité, des lésions caractéristiques observées en pareil cas.

Cobayes mâles.		*Cobayes femelles.*	
22e jour	0g,38	22e jour	0g,31
	0,55		0,16
24e jour	0,68	24e jour	0,39
	0,50		0,38
46e jour	1,00	44e jour	0,44
Moyenne	0,62	Moyenne	0,33

Chez trois cobayes, carencés chroniques, c'est-à-dire ayant le régime suivant : orge, foin, jus de citron stérilisé, nous avons noté ces taux de cholestérine par litre : 0,39 (mâles), 0,37-0,46 (femelles).

Conclusions. — L'avitaminose C, aiguë ou chronique, ne semble pas exercer d'influence nette sur la cholestérinémie; car, si nous notons des chiffres extrêmes tels que 0,16 et 1^g par litre, ces écarts ne sont pas plus étonnants que ceux notés chez les cobayes normaux : 0,21-0,68.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Modifications structurales du poumon sous l'influence des grandes décompressions barométriques.* Note de M. **Raoul Bayeux**, présentée par M. Desgrez.

Paul Bert attribuait les accidents de la décompression à la seule diminution de la tension de l'oxygène. A cette théorie physico-chimique, certains auteurs modernes (Kronecker, Heger, Spehl, Desguin) ont substitué une théorie mécanique, qui rapporte tous les troubles à la congestion pulmonaire et à la dilatation consécutive du cœur droit. Cependant, la cause matérielle initiale de cet embarras circulatoire paraît leur avoir échappé.

J'ai pensé qu'on pourrait la découvrir par l'étude histologique de poumons d'animaux ayant vécu en atmosphère raréfiée. Dans ce but j'ai poursuivi, depuis trois ans, des expériences, d'abord à l'Observatoire du mont Blanc, en 1922, puis au Laboratoire Vallot, à Chamonix (1923 et 1924) pendant toute la saison d'été. De plus, en 1923, j'ai pu, de nouveau, étudier des lapins et des cobayes ayant séjourné au mont Blanc. J'ai ainsi recueilli les pièces de poumons de 45 animaux (31 cobayes et 14 lapins), les uns ayant séjourné au mont Blanc, les autres ayant été soumis à la décompression à Chamonix.

Mon appareil de décompression me permettait de faire vivre sous cloche, un temps quelconque, les animaux auxquels j'ai pu imposer, sans les tuer, des atmosphères de plus en plus raréfiées, jusqu'à la limite extrême correspondant à une altitude de 11000^m, atteignant ainsi le plafond des plus hautes envolées d'aviation. Aux divers paliers, j'ai recueilli des pièces pulmonaires et j'ai pu faire plus de 40 préparations histologiques variées.

Les animaux décomprimés, aussi bien que ceux du mont Blanc, furent sacrifiés par saignée rapide. Les poumons, vivement enlevés, furent plongés en morceaux dans le liquide fixateur de Zenker, qui conserve les hématies

dans leur forme naturelle. Les colorations furent faites, soit à l'hématéine-éosine, soit au Van Giesen.

Or, à l'examen de tous ces poumons, j'ai trouvé une lésion spéciale, caractéristique. *Elle consiste en une hypertrophie des parois de l'alvéole.* Elle ne s'étend pas au delà du sphincter de la bronchiole acineuse, et ne se rencontre nulle part ailleurs dans la muqueuse de l'arbre bronchique. Les seules cellules qui conditionnent ce processus sont les cellules nucléées de l'épithélium respiratoire, c'est-à-dire les éléments nobles du poumon par l'intermédiaire desquels se font les échanges de la respiration. Aucun autre élément histologique du poumon ne subit une telle transformation; ces cellules elles-mêmes ne sont le siège d'aucune adultération : elles s'accumulent simplement dans les parois alvéolaires où les baigne une certaine quantité de sérosité. Par endroits, on voit également la paroi s'épaissir par une véritable plicature de plusieurs parois voisines.

La conséquence immédiate de cette modification histologique, c'est le rétrécissement, parfois même l'obstruction totale, de la cavité alvéolaire. Enfin, l'hypertrophie détermine encore une lésion tissulaire : c'est *l'écrasement des vaisseaux capillaires périalvéolaires.* C'est cette lésion qui explique l'hyperhémie constatée par les divers auteurs, ainsi que la pléthore sanguine des vaisseaux émanant du cœur droit, comme la dilatation du cœur droit lui-même; la nappe d'évacuation sanguine se trouvant barrée en divers endroits, la gêne circulatoire s'établit en proportion de l'importance du barrage. Quant aux régions d'hypertrophie, *elles sont, au contraire, en état d'ischémie.* L'hématose est totalement supprimée dans ces territoires.

Les lésions que j'ai décrites sont disséminées sans ordre. Elles sont d'autant plus étendues que l'animal a été décomprimé plus longtemps et a subi une décompression plus forte. Leur apparition est d'autant plus rapide que la décompression a été plus poussée : ainsi, je les ai constatées sur des poumons d'animaux ayant été soumis à la pression correspondant à celle qui règne à l'Everest, pendant 6 heures seulement. Au mont Blanc, je ne les ai constatées qu'au bout de 2 jours (c'est la date où se produit le mal de montagne). Dans ce dernier cas, les îlots étaient clairsemés et sans coalescence.

La persistance de ces lésions est aussi plus ou moins longue selon la durée de la décompression ou du séjour en haute altitude. Des cobayes ayant été soumis à l'atmosphère de 7500^{m} en ont présenté jusqu'au 7e jour; par contre, des lapins redescendus du mont Blanc n'en présentaient plus au 4e jour.

Les parois alvéolaires redeviennent minces et les capillaires réapparaissent. Des ruptures pariétales peuvent cependant persister, créant ainsi des poches d'emphysème. Mais jamais je n'ai vu d'œdème pulmonaire exsudatif, sauf sur deux animaux qui avaient séjourné au mont Blanc en 1922 avec moi au milieu d'une terrible tourmente et d'un froid intense. C'est là une lésion due uniquement au froid : de même que l'infarctus, on a eu le tort de la décrire comme une lésion de la décompression. La partie non hypertrophiée des poumons est d'ailleurs le siège d'une hyperhémie : on y voit des capillaires gorgés de sang. Mais c'est là encore un accident secondaire.

Je crois donc pouvoir énoncer les propositions suivantes : 1° *La lésion essentielle, primitive, déterminée dans le poumon par la décompression barométrique, consiste dans l'hypertrophie pariétale des alvéoles*, qui se complique d'un rétrécissement de la cavité alvéolaire et de l'écrasement des vaisseaux capillaires ; 2° *Tous les phénomènes cardio-vasculaires sont secondaires à cette lésion initiale.*

Cette notion acquise peut expliquer certains troubles notés chez les aviateurs (dilatation cardiaque, bronchites persistant longtemps après les expéditions). Elle pourrait amener à l'emploi raisonné des masques à pression, pour les courses en très haute atmosphère, telles que l'ascension de l'Everest, où les inhalations simples d'oxygène n'ont pas suffi.

MÉDECINE. — *Sur la signification de l'électrocardiogramme.* Note (1) de M. F. **Henrijean**, présentée par M. d'Arsonval.

On cherche aujourd'hui encore quelquefois à expliquer les phénomènes de l'électrocardiogramme en s'appuyant sur la donnée classique de la production d'un courant électrique allant, dans un muscle en travail, du point au repos au point qui se contracte. Sans doute, on a depuis longtemps observé que les ondes P et R de l'électrocardiogramme sont précontractionnelles et qu'elles n'ont, par conséquent, aucun rapport direct avec la contraction cardiaque? Mais, il n'en est pas de même de l'onde T qui apparaît pendant la systole ventriculaire et finit avec elle. Les interprétations que l'on a tenté de donner de l'origine de cette onde sont très nombreuses et leur nombre même témoigne de leur insuffisance. C'est ainsi que

(1) Séance du 27 avril 1925.

l'on a successivement invoqué l'action de la contraction musculaire ellemême, puis, qu'il se faisait pendant sa durée une charge nouvelle d'excitation; on a imaginé enfin que l'onde T résultait d'une déformation du muscle, etc.

On savait cependant que l'électrocardiogramme peut se produire, avec tous ses caractères, quand le cœur a cessé de battre; mais, sans doute, dominés par les idées courantes, les auteurs ont-ils pensé que l'électrocardiogramme traduisait, encore en ce moment, des phénomènes musculaires peu visibles, mais néanmoins réels.

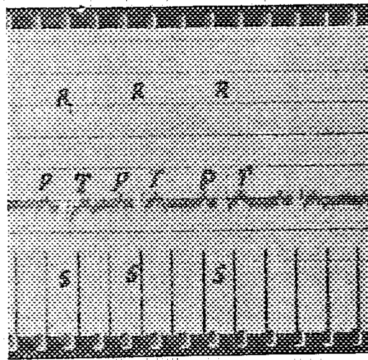
Au cours de très nombreuses recherches sur l'action des médicaments cardiaques ou des hypnotiques sur le cœur, nous avons observé, durant l'arrêt complet de celui-ci, des électrocardiogrammes présentant une netteté très grande et des caractères spéciaux, susceptibles d'éclairer singulièrement le mécanisme de leur formation.

C'est ainsi qu'en procédant avec précaution on peut voir sur le cœur arrêté des électrocardiogrammes qui diffèrent essentiellement des normaux par le développement de l'onde T qui devient égale ou supérieure à R; cette ondulation est en outre brève et rapide comme R. On doit admettre que la contraction musculaire cardiaque a pour effet d'abaisser l'onde T et d'en allonger notablement la durée.

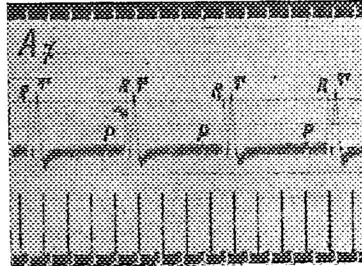
Si l'on considère la direction du courant de l'électrocardiogramme (*fig.* I) on doit admettre que la contraction musculaire (variation négative) a pour effet d'abaisser la hauteur de l'onde T et d'en ralentir la progression. Si l'on pousse l'intoxication par les hypnotiques assez loin pour effacer toute trace d'électrocardiogramme (*fig.* IV) on peut, par certaines substances, par l'adrénaline par exemple, ramener l'électrocardiogramme, *sans que le cœur se remette à battre* (*fig.* II et V). Cet électrocardiogramme présente une onde T égale à R; l'adrénaline agit sur ce qu'on appelle le cœur primitif, alors que le cœur musculaire ne répond plus. Le procédé de d'Arsonval du téléphone musculaire permettra d'établir l'arrêt total du cœur.

Lorsque les ondes R et T sont ainsi égalisées, les substances comme la caféine (*fig.* III) par exemple abaissent l'onde T par leur action musculaire, si le muscle n'est pas complètement paralysé. L'étude des médicaments cardiaques est également capable de jeter quelque lumière sur le mécanisme de la formation de l'électrocardiogramme. C'est ainsi que la digitale produit des modifications très spéciales. Sous l'influence de ce toxique on voit l'électrocardiogramme se caractériser d'abord par l'exis-

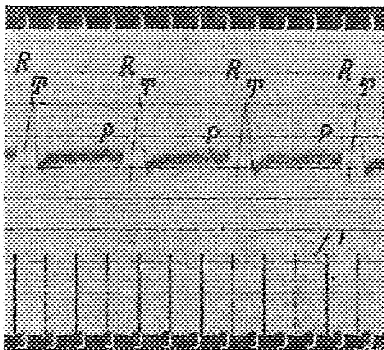
tence des ondes P répétées, avant que ne se produise une onde R (bloc); alors, lorsque l'électrocardiogramme est complet, il présente toujours la forme sinusale, c'est-à-dire une succession des ondes P, R, T, le pouls étant cependant ralenti. Or, si l'on ralentit le pouls en excitant le X, on



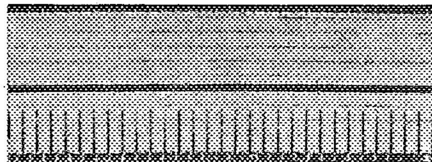
I



II



III



IV



V

I. Tracé ECG normal. — II. Tracé ECG du cœur arrêté. — III. Même tracé après action de la caféine. IV. Arrêt total des ECG. — V. Retour de l'ECG par action d'adrénaline, mais cœur arrêté.

constate qu'avec une excitation moyenne, dans les pulsations ralenties, les reprises se font selon le type sinusal (PRT) ou selon le type ventriculaire (RPT), suivant la force d'excitation. Avec la digitale, malgré le ralentissement, la reprise se fait toujours selon le type sinusal.

Par des expériences nombreuses, nous avons montré que par l'administration de KCl, injecté dans la veine, on peut produire la reprise selon le type ventriculaire, après l'emploi de la digitale.

Nous avons, dans des expériences avec le strophantus, déterminé la paralysie totale de X et nous avons montré que les effets de ce toxique sur le X cessaient complètement par l'emploi de KCl.

Beaucoup d'autres faits semblent bien autoriser la conclusion que le muscle cardiaque, dont la contraction n'est pas sous la dépendance d'un nerf moteur, comme celle des muscles du squelette, se contracte par l'action d'une force électromotrice, née dans les noyaux du cœur, spécialement dans le nœud de Tawara, comme cela résulte de faits observés. Cette force électromotrice naît vraisemblablement grâce au jeu des phénomènes électrocapillaires. Cette force électromotrice donne les électrocardiogrammes du cœur arrêté; l'électrocardiogramme du cœur en travail est alors une résultante de deux composantes : de l'électrocardiogramme du cœur primitif, connu par ces expériences, et de la variation négative, résultant de la contraction musculaire cardiaque. On peut en donner le diagramme par la comparaison de deux termes connus; leur somme algébrique en donne le tracé.

Les faits relatés permettent en outre une conclusion pratique : il semble, contrairement aux affirmations des auteurs, que l'onde T est en raison inverse de la force de la contraction musculaire du cœur.

M. J. Basset adresse une Note intitulée *Immunisation des bovidés par la toxine symptomatique.*

La séance est levée à $15^h 40^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 30 mars 1925.)

Note de M. *P. Bugnon*, Homologies foliaires chez la Violette odorante : sépales et pétales :

Page 1043, ligne 5, *au lieu de* n'affecte que le limbe des feuilles végétatives, *lire* n'affecte que le limbe de certaines feuilles embryonnaires et florales et jamais le limbe des feuilles végétatives.

(Séance du 18 mai 1925.)

Note de M. *F.-E. Fournier*, Propriétés générales de la houle satellite simple entretenue par la translation des carènes de formes favorables à leurs grandes vitesses :

Page 1451, formules du n° 6, *au lieu de* $\frac{l}{4}=0,25$, $\frac{l}{4}=0,1$, $\frac{l}{4}=0,137$, *lire* $\frac{l}{L}=0,25$, $\frac{l}{L}=0,1$, $\frac{l}{L}=0,137$.

Note de M. *Deslandres*, Recherches complémentaires sur la structure et la distribution des spectres de bandes :

Page 1456, ligne 2 du paragraphe II, *au lieu de* Récemment, j'ai repris l'étude des spectres de bandes, *lire* Récemment j'ai repris l'étude des spectres de bandes infrarouges.

Page 1458, ligne 7 du paragraphe de la vapeur d'eau et à la troisième colonne, *au lieu de* 2299, *lire* 7299.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mai 1925.

Biologia y plasmogenia; Botanica; Zoologia; Mineralogia y geologia, par Alfonso L. Herrera. Mexico, Herrero Hermanos, 1924, 1925; 4 vol. 22^{cm}.

Archives d'histoire naturelle; I : *Recherches ornithologiques dans la province de Quangtri (centre Annam) et quelques autres régions de l'Indochine française*, par Jean Delacour et Pierre Jabouille. Paris, Société nationale d'acclimatation de France, 1925; 1 vol. 24^{cm},5.

Reports on the results of dredging under the supervision of Alexander Agassiz, in the gulf of Mexico (1877-1878), in the Caribbean sea (1878-1879), and along the Atlantic coast of the United States (1880), by the U. S. Coast survey steamer « Blake ». XLVIII : *Les macroures marcheurs*, par E.-L. Bouvier. Cambridge (U. S. A.), 1925; 1 vol. 30^{cm},5.

U. S. department of agriculture. *Six lectures on the investigations at Rothamsted experimental station*, by Robert Warington. Washington, Government printing office, 1892; 1 vol. 23^{cm}.

Agricultural investigations at Rothamsted, England, during a period of fifty years. Six lectures delivered under the provisions of the Lawes agricultural trust, by Joseph Henri Gilbert. Washington, Government printing office, 1895; 1 vol. 23^{cm}.

Rothamsted experimental station, Harpenden. *Guide to the experimental plots.* London, John Murray, 1914; 1 fasc. 25^{cm}.

Manuring for higher crop production, by E. John Russell. Cambridge, University Press, 1917; 1 vol. 22^{cm},5.

The fertility of the soil, by E. J. Russell. Cambridge, University Press, 1921; 1 vol. 17^{cm}.

A student's book on oils and manures, by E. J. Russell. Cambridge, University Press, 1921; 1 vol. 20^{cm},5.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 JUIN 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

AVIS AUX AUTEURS

Par suite des difficultés financières actuelles, l'Académie a décidé, dans le Comité secret de la présente séance, d'apporter au règlement des *Comptes rendus* (¹) les modifications et additions suivantes, qui entreront en vigueur à partir du 6 juillet 1925 :

ARTICLE 1er. — Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un Membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

. . . .

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

. . . .

ARTICLE 2. — Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépasser *deux* pages *et demie*. Le nombre des Notes d'un même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par année.

. . . .

NOTA. — *La page comprend* 38 *lignes de* 67 *lettres ou intervalles.*

(¹) Le règlement figure au verso de la couverture de chaque numéro.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 5 juin 1925, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Gustave André** pour occuper, dans la Section d'Économie rurale, la place vacante par le décès de M. *L. Maquenne*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Gustave André** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le professeur **S.-A. Mitchell**, directeur de l'Observatoire Mac Cormick (Université de Virginie), qui assiste à la séance.

MÉCANIQUE. — *Sur le phénomène de la réfraction.* Note de M. **L. Lecornu**.

La vitesse de la lumière varie, d'après l'hypothèse des ondulations, proportionnellement au sinus de l'angle formé par le rayon lumineux avec la normale à la surface de séparation de deux milieux. Suivant l'hypothèse de l'émission la variation s'effectue dans le rapport inverse; mais ce dernier résultat, contredit par l'expérience, suppose qu'on assimile le rayon à la trajectoire d'un point matériel soumis uniquement à une force agissant normalement à la surface. Or rien n'autorise à dire qu'il en est ainsi, et le fait qu'un projectile heurtant obliquement un obstacle est soumis, en raison du frottement, à une action tangentielle conduirait plutôt à supposer le contraire.

Sans prendre parti entre les deux hypothèses, je désire préciser ici la condition que doit remplir une force agissant sur un point matériel pour que la vitesse varie comme le prévoit l'hypothèse des ondulations. Je ne me restreins pas au cas d'un changement brusque de milieu : je considère le cas général d'un point traversant une suite continue de couches homogènes et

infiniment minces dont la constitution varie progressivement. J'admets que ces couches sont planes : horizontales, par exemple.

Soient m la masse, v la vitesse et i l'angle d'incidence. Nous voulons, en appelant a une constante, avoir $v = a \sin i$. La force, quelle qu'elle soit, peut être regardée comme étant la résultante d'une composante verticale $F_1 = m\gamma_1$ et d'une composante $F_2 = m\gamma_2$ normale à la trajectoire. Convenons, pour fixer les idées, que la vitesse est descendante ainsi que la force F_1 tandis que la force F_2 est dirigée de bas en haut.

En projetant sur l'horizontale et sur la tangente à la trajectoire, on obtient les deux relations

$$\frac{d(v \sin i)}{dt} = \gamma_2 \cos i, \qquad \frac{dv}{dt} = \gamma_1 \cos i;$$

d'où

$$\gamma_2 = \gamma_1 \frac{d(v \sin i)}{dv}.$$

En remplaçant $\sin i$ par $\frac{v}{a}$, il vient

$$\gamma_2 = \frac{2}{a} \gamma_1 v.$$

D'après cela, la trajectoire vérifie la loi $v = a \sin i$, pourvu qu'à la force F_1 normale à la surface de séparation de deux couches consécutives s'adjoigne une force F_2 normale à la vitesse, et proportionnelle au produit $F_1 v$. Si, en particulier, on attribue à F_1 la valeur constante mg, on retrouve la cycloïde représentant, comme on sait, la ligne brachistochrone pour un mobile pesant, et F_2 est alors la pression exercée sur ce mobile par la courbe qui le guide

Nous rencontrons ici, une fois de plus, un genre spécial de forces, proportionnelles à la vitesse et normales à la trajectoire de leur point d'application, qui se présentent dans les mouvements relatifs (force centrifuge composée), dans les effets gyroscopiques et en Électromagnétisme.

GÉOMÉTRIE ET MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *A propos d'un théorème de Métrologie : Horloges élastiques et balances spirales.* Note [1] de M. **Jules Andrade.**

I. Le théorème énoncé dans ma Note du 17 novembre dernier doit être précisé et complété. L'élément fondamental en demeure un quadruple

---

[1] Séance du 2 juin 1925.

de ressorts hélicoïdaux de Le Roy, tous égaux, superposables, se suivant d'une manière continue dont chaque portion constitue un ressort d'étendue angulaire $P = n$ tours + un quart de tour. Pour fixer les idées, adoptons $n = 16$. Chaque portion géométrique envisagée n'est pas nécessairement sectionnée et peut reposer sur un double appui d'encastrement; mais, au point de vue du calcul, nous traitons chaque appui mobile soit comme virole double, soit comme piton double.

On peut aussi préparer des gabarits vérificateurs capables de contrôler les ajustages nécessaires pour le placement du second quadruple, que, rationnellement, j'ai défini comme un renversement du premier prolongé. Ce renversement d'orientation, après sectionnement de l'octuple, résulte d'une rotation autour d'une horizontale transverse, située à hauteur moyenne dans le plan diamétral commun à tous les pitons.

II. Considérons chacune des génératrices qui se trouve coïncidente pour deux viroles de parités contraires et appartenant au quadruple inférieur comprenant les spiraux consécutifs dans l'ordre vertical ascendant et désignés par leur indice et par le sens de leur travail, à savoir :

$$\overset{-}{\int_0}, \overset{+}{\int_1}, \overset{-}{\int_2}, \overset{+}{\int_3};$$

et considérons d'une part la génératrice des viroles extrêmes $\bar{W}_0$, $\overset{+}{W}_3$ et d'autre part la génératrice des viroles confondues $\overset{+}{W}_1$ et $\bar{W}_2$.

Après le sectionnement du quadruple supérieur sur la virole commune désignée $\overset{+}{W}_3$, $\bar{W}_4$ sur l'octuple primitif exécuté à l'avance, le renversement du quadruple supérieur aura pour effet de faire passer la génératrice coïncidente d'un côté à l'autre du plan diamétral commun des pitons.

III. On peut alors suivre aisément, sur un schéma graphique simple, le *groupement des forces élastiques productrices des pressions qui vont engendrer les frottement liés à ces pressions*. Tout d'abord *admettons au moins provisoirement l'hypothèse dite des techniciens* et rappelons que cette hypothèse transporte dans l'espace la répulsion ou l'attraction mutuelle piton-virole qui, je l'ai montré, interprète la méthode de Résal-Caspari applicable à la seule déformation transverse d'un ressort hélicoïdal.

IV. Observons d'ailleurs que toute force transmise au balancier par un bout-virole du ressort a son *prolongement passant* par le piton correspondant; et c'est *en définitive sur ce piton* que ladite force *transportée* peut y être décomposée suivant ces trois directions rectangulaires, savoir :

1° une parallèle à l'axe vertical d'ocillation; 2° une horizontale parallèle au plan diamétral commun des pitons; et enfin 3° une parallèle à une horizontale de profil, c'est-à-dire perpendiculaire au plan diamétral des pitons.

V. Conséquences de la décomposition graphique ci-dessus indiquée :

En laissant de côté un couple transverse régulièrement pendulaire que j'ai signalé dès 1911, nous obtenons enfin *ce système de forces transmis par l'octuple* au balancier :

1° Un couple longitudinal L agissant dans un plan de profil;

2° Un couple longitudinal λ agissant dans le plan diamétral commun des pitons;

3° Destruction des pressions longitudinales axiales transmises au balancier séparément par le premier quadruple et par le deuxième quadruple après son renversement.

Enfin observons que :

4° Par leurs parties principales les couples L et λ se recomposent en *un couple sensiblement parallèle au plan diamétral commun des viroles* et dont la valeur G approchée est

$$G = \frac{u}{P^2} \frac{4EI}{R^2} \left(1 - \frac{\cos u}{P}\right) 2h.$$

Or cet appui *latéral* fournit, durant une *oscillation simple entretenue*, le frottement résistant dont le moment est proportionnel à la *fonction paire :* $G_2 = \eta . G$, où η désigne $\pm 1 = \operatorname{Sgn} u$.

VI. Dès lors, la perturbation sur la durée de cette oscillation saute de l'ordre de $\frac{1}{P^2}$ à l'ordre de $\frac{1}{P^4}$, et comparée au moment pendulaire transverse, elle passe à *l'ordre relatif* de $\frac{1}{P^3}$ réalisable au millionième. Ce qui pratiquement *pour des horloges élastiques tout au moins* rend ces pressions élastiques aussi négligeables que si elles n'existaient pas. Mon théorème de métrologie est donc justifié pour ces horloges.

VII. Il reste à le compléter pour l'équilibre des balances spirales et à établir l'indifférence complète de ce théorème à l'égard de l'hypothèse dite des techniciens ; c'est ce qu'il est facile de faire.

M. Emmanuel de Margerie fait hommage d'une brochure intitulée : *Une Mission d'enseignement géologique aux États-Unis.*

COMMISSIONS.

MM. E. **Picard**, D. **Berthelot**, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. H. **Le Chatelier**, G. **Urbain**, pour la Division des Sciences physiques; MM. A. **Rateau**, G. **Claude**, pour la Division des Applications de la Science à l'Industrie, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, formera une liste de candidats à la place vacante, dans la Division des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Charles Rabut*.

NOMINATIONS.

MM. M. **Hamy** et J.-L. **Breton** sont désignés pour représenter l'Académie à la séance solennelle de commémoration du *Centenaire de la Photographie* que tiendra la Société de Photographie, le 2 juillet prochain, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

M. **Maurice d'Ocagne** est désigné pour représenter l'Académie au *Congrès des sociétés savantes de Normandie*, qui se tiendra à Alençon du 25 au 28 juin.

MM. F. **Widal** et H. **Vincent** sont désignés pour représenter l'Académie à la *Conférence de la syphilis héréditaire*, qui se réunira à la Faculté de Médecine de Paris les 5, 6 et 7 octobre prochain.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Émile Gau. *Calculs numériques et graphiques.*

2° Pierre Sève. *Les courants alternatifs.*

3° Carroll Lane Fenton et Mildred Adams Fenton. *The stratigraphy and fauna of the Hackberry stage of the upper Devonian.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines courbes gauches*. Note de M. TZITZÉICA.

Parmi les transformations affines on peut considérer deux sous-groupes particulièrement intéressants : ceux qui laissent invariable un point donné, à distance finie ou à l'infini. Le premier donne pour les courbes gauches un invariant différentiel relatif Td^2, où T est, comme d'habitude, le rayon de torsion de la courbe en un point quelconque M, d la distance du point fixe au plan osculateur en M. Le second donne l'invariant $T\cos^2\theta$, θ étant l'angle de la binormale avec la direction déterminée par le point invariable à l'infini.

On est ainsi conduit à étudier deux classes remarquables de courbes, celles pour lesquelles on a

$$Td^2 = \text{const.} \tag{1}$$

et celles pour lesquelles

$$T\cos^2\theta = \text{const.} \tag{2}$$

et qui jouissent de propriétés d'invariance par rapport au sous-groupe correspondant.

1. J'ai étudié, il y a déjà longtemps [1], les courbes de la classe (1). Aux propriétés trouvées alors j'ajoute celle-ci : toute surface réglée, qui contient deux courbes de la classe (1) comme lignes asymptotiques et seulement deux, a une ligne flecnodale à l'infini, l'autre étant la courbe de contact de la surface avec le cône circonscrit ayant le sommet au point fixe considéré. Cette propriété caractérise les surfaces réglées admettant deux lignes asymptotiques de la classe (1).

2. On peut déterminer, sans signe de quadrature, toutes les courbes de la classe (2). L'axe Oz étant parallèle à la direction fixe des transformations affines considérées, on a

$$y = f'(x), \qquad z = axf'(x) - 2af(x) + bf'(x) + cx,$$

a, b, c étant des constantes, $f(x)$ une fonction arbitraire, $f'(x)$ sa dérivée. On en tire le résultat suivant :

Sur tout cylindre, à génératrices parallèles à Oz, il y a une infinité de courbes de la classe (2).

---

[1] *Annales de l'École Normale*, 28, 1911, p. 9 et suivantes.

3. J'ai étudié, comme pour les courbes de la classe (1), les surfaces réglées qui admettent au moins deux lignes asymptotiques de la classe (2). Voici les résultats de cette recherche.

Si la surface réglée est générale (c'est-à-dire sans plan directeur), elle ne peut avoir plus de deux lignes asymptotiques de cette classe. Dans ce cas, ces deux lignes et les deux lignes flecnodales coupent harmoniquement chaque génératrice de la surface.

Si la surface a un plan directeur, elle ne peut contenir deux lignes asymptotiques de la classe (2) sans en contenir une infinité. On doit alors distinguer deux cas, selon que la constante du second membre de (2) est la même pour toutes les lignes asymptotiques (curvilignes) de la surface, ou qu'au contraire elle varie d'une ligne à l'autre.

Dans le premier cas, la surface réglée fait partie des surfaces intégrales de l'équation aux dérivées partielles bien connue

$$rt - s^2 = \text{const.}$$

dont toutes les lignes asymptotiques jouissent de la propriété (2). Les lignes flecnodales sont alors confondues en une seule, la droite de l'infini de la surface réglée.

Dans le second cas, la surface est un conoïde. On obtient ainsi cette propriété intéressante d'un conoïde : Toute ligne asymptotique (curviligne) d'un conoïde appartient à la classe (2).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la loi des erreurs d'observation.* Note [1] de M. **M. Soubbotine**, présentée par M. Émile Borel.

1. M. M. Fréchet [2] vient d'attirer l'attention sur le fait que les deux axiomes utilisés par moi pour la déduction de la loi des erreurs, à savoir :

I. La probabilité d'une erreur dépend seulement de la grandeur de cette erreur et peut être exprimée par une fonction $\varphi(\varepsilon)$ ayant la première dérivée continue en général ;

II. La valeur la plus problable d'une quantité dont on connaît des mesures directes ne dépend pas de l'unité de mesure utilisée,

laissent pénétrer quelques fonctions sans dérivée continue qui ne sont pas

(1) Séance du 2 juin 1925.

(2) *Recueil de la Société mathématique de Moscou*, **32**, 1925, p. 5.

comprises dans la formule

$$(1) \qquad \varphi_m(u) = \frac{mh}{2\Gamma(m^{-1})} e^{-h^m |u|^m},$$

donnée par moi comme une généralisation de la loi de Gauss ([1]).

L'exemple donné par M. Fréchet est un cas bien particulier d'un fait de beaucoup plus important que j'étudie en détail dans un travail en cours de publication. En effet, la fonction la plus générale satisfaisant aux axiomes précédents est

$$(2) \qquad \Phi(u) = A\Pi[\varphi_{m_1}(u)]^{k_1}[\varphi_{m_2}(u)]^{k_2}\ldots,$$

le produit étant supposé convergent. En déterminant A par la condition

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \Phi(u)\, du = 1,$$

nous aurons la loi des erreurs possédant les propriétés I et II, aussi bien que la suivante, qui en est la conséquence : (A). La valeur la plus probable de la quantité mesurée est indépendante de l'origine de l'échelle employée dans les mesures.

Parmi les fonctions (2) il y en a une infinité ayant leurs premiéres dérivées discontinues au point $u = 0$. La généralisation facile des raisonnements de M. Fréchet permet d'étudier complètement ce cas. D'un autre côté, le seul point pour lequel il est naturel d'admettre quelque singularité est précisémeut $u = 0$. On peut donc remplacer dans l'axiome I les mots « en général continue » par « continue sauf peut-être au point $u = 0$ ».

2. Les applications nombreuses de la loi de Gauss faites jusqu'à présent nous porte à croire qu'un seul facteur du produit (2) sera le plus souvent suffisant pour les besoins de la pratique. Mais il n'est pas facile, en restant dans le même ordre d'idées, de faire ressortir cela par quelque axiome. Le moyen le plus naturel d'y parvenir est, semble-t-il, l'introduction du postulat suivant :

III. La loi des erreurs doit être telle que les notions de la précision et du poids soient conservées; c'est-à-dire la probabilité $\varphi(h\varepsilon)$ de l'erreur $h\varepsilon$ doit être proportionnelle à $[\varphi(\varepsilon)]^k$, k étant une fonction de h indépendante de ε.

Si l'on introduit cet axiome, l'axiome II devient inutile car, en généralisant un peu les raisonnements de Bertrand ([2]), on peut montrer que la

---

([1]) *Loc. cit.*, **31**, 1923, p. 300.
([2]) *Comptes rendus*, **105**, 1887, p. 1099.

fonction (1) est la seule compatible avec ce postulat. Mais il ne semble pas que l'axiome III soit d'une nécessité aussi absolue que les propriétés II et (A). Pourquoi la probabilité $\varphi(h\varepsilon)$ ne pourrait être quelque autre fonction de $\varphi(\varepsilon)$? Sans doute, si nous considérons la relation

$$\varphi(h\varepsilon) = C[\varphi(\varepsilon)]^k$$

comme suffisamment établie par l'expérience, nous pouvons en faire un postulat. Mais est-elle bien prouvée ?

C'est une question qui mérite d'être étudiée.

Une confrontation sommaire de la loi de Gauss avec les observations porte à croire que cette loi est tellement démontrée par l'expérience qu'on peut l'adopter comme un principe général, et il ne reste plus que de composer ce principe en quelques axiomes plus simples. Mais la discussion des longues séries des observations m'avait donné toujours

$$m < 2,$$

m étant le paramètre de la formule (1); la répartition des zéros dans les tables des logarithmes donne

$$m = 1,4;$$

enfin les mouvements propres des taches solaires sont bien représentés [1] par la formule (1) avec

$$m = 1,027.$$

On voit donc qu'il serait mieux de laisser aux observations la détermination de m, au moins lorsque les observations sont suffisamment nombreuses. Ne serait-il pas mieux de laisser aussi aux expériences la détermination du nombre des facteurs dans le produit (2)?

3. Sans approfondir ici toutes ces questions je veux remarquer seulement que le résultat général confirme le point de vue formulé jadis par Bienaymé : il n'existe pas un lien mystérieux entre les probabilités des erreurs et quelque fonction particulière ; la loi de Gauss tout aussi bien que toute autre avec un nombre fini des paramètres n'est qu'une approximation plus ou moins bonne suivant le cas. Au contraire, en réduisant au minimum le degré d'arbitraire dans le choix de la fonction, nous arrivons à la fonction (2) avec une infinité de paramètres.

Ainsi, en partant des axiomes nous obtenons la loi des erreurs ayant la

---

(1) *Astr. Nachr.*, 218, 1923, p. 5.

même généralité que celle qui a été trouvée en suivant la voie ouverte par Laplace. Il est à remarquer cependant que les séries infinies de M. Charlier peuvent servir pour la représentation d'une distribution asymétrique aussi bien que symétrique, tandis que le produit infini $\Phi(u)$ n'est applicable que dans ce dernier cas. C'est un désavantage marqué s'il s'agit des applications statistiques, mais dans l'étude des erreurs d'observation l'asymétrie peut être exclue d'avance.

Dans le choix entre la formule (2) et les séries de M. Charlier nous ne pouvons être guidés, en général, que par des considérations de commodité.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le théorème de Taylor dans l'analyse générale.* Note (¹) de M. **Lawrence M. Graves.**

M. Fréchet a discuté récemment (²) la notion de différentiabilité des fonctions ou transformations $y = F[x]$ d'un ensemble abstrait X en un ensemble abstrait Y. Sa définition de la différentielle est une généralisation toute naturelle de la notion de différentielle totale en un point $(x_{10}, \ldots, x_{n0})$ d'une fonction $f(x_1, \ldots, x_n)$ de n variables. Il serait intéressant de considérer une généralisation correspondante dans le cas où la différentielle existe et est uniformément continue *en tout point d'un domaine.* Avec M. Fréchet, nous allons nous restreindre au cas où les ensembles X d'éléments x et Y d'éléments y sont des espaces (D) vectoriels (³).

Soit $F[x]$ une fonction ou transformation univoque d'un domaine X_0 de l'espace X en un ensemble d'éléments de l'espace Y. Soit $F'[x, \Delta x]$ une seconde fonction qui fait correspondre à tout couple d'éléments x de X_0 et Δx de X un élément unique de Y, avec les propriétés :

1° $F'[x, \Delta x]$ est uniformément continue quand x est dans X_0 et $\|\Delta x\| \leqq 1$;

2° $F'[x, \Delta x]$ est distributive dans son argument Δx, pour tout x de X_0;

3° Le nombre

$$\frac{\|F[x+\Delta x]-F[x]-F'[x,\Delta x]\|}{\|\Delta x\|}$$

(¹) Séance du 18 mai 1925.

(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 806.

(³) On trouvera des postulats définissant les espaces (D) vectoriels dans la communication de M. Fréchet (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 419); ou dans le Mémoire de M. Banach (*Fundamenta Mathematicæ*, 3, 1922, p. 134, 135), en y supprimant la condition III.

tend vers zéro uniformément avec $\| \Delta x \|$, quand x et $x + \Delta x$ sont éléments de X_0.

Toutes les fois que ces conditions sont satisfaites, nous disons que la fonction F est de la classe C' sur le domaine X_0, et la fonction $F'[x, \Delta x]$ s'appelle la différentielle première de la fonction F. Comme M. Fréchet l'a démontré, il convient de remplacer l'accroissement Δx par dx et d'écrire

$$dF[x] = F'[x, dx].$$

Quand la fonction $F[x]$ est de la classe C' sur X_0 et lorsque sa différentielle $F'[x, dx]$ est aussi de la classe C' sur X_0 *uniformément* pour $\| dx \| = 1$, nous disons que F est de la classe C'' sur X_0. La différentielle première $F''[x, dx, d_1 x]$ de $F'[x, dx]$ s'appelle la différentielle seconde de $F[x]$. On voit aisément comment définir la classe $C^{(n)}$ et la différentielle $(n-1)^{\text{ième}}$

$$F^{(n)}[x, d_1 x, d_2 x, \ldots, d_n x]$$

de la fonction $F(x)$ (¹).

Moyennant ces définitions, nous pouvons énoncer les théorèmes suivants :

I. *Une fonction* F *de la classe* C' *sur* X_0 *est uniformément continue sur* X_0.

II. *La somme d'une suite finie* $F_1, F_2, \ldots, F_p$, *de fonctions de* x *de la classe* $C^{(n)}$ *est aussi de la classe* $C^{(n)}$.

III. *Soit la fonction* $F[x]$ *de la classe* $C^{(n)}$, *et la fonction* $G[y]$ *de même. Alors la fonction* $H[x] = G[F[x]]$ *est aussi de la classe* $C^{(n)}$.

Prenons pour espace X, l'axe des nombres réels, et pour domaine X_0, l'intervalle $a < x < b$. Alors la fonction $F[x]$ fait correspondre à chaque valeur du paramètre réel x dans (ab) un élément unique de l'espace Y. Pour une telle fonction, nous définissons l'intégrale riemannienne

$$\int_a^b F[x]\, dx \qquad (1)$$

comme ordinairement. L'intégrale (1) existe sûrement si la fonction F est uniformément continue sur (ab) et si l'espace Y admet une généralisation

(¹) Ces définitions des classes C', C'', etc. sont des généralisations des définitions données par M. Oskar Bolza dans ses *Vorlesungen über Variationsrechnung*. Voir aussi la définition de la différentielle seconde, donnée par M. Fréchet dans le Mémoire *Sur les fonctionnelles bilinéaires*, dans les *Transactions of the American Mathematical Society*, **16**, 1915, p. 232.

du théorème de Cauchy. Dans ce cas, nous pouvons aussi dire que la fonction

$$G[x] = \int_a^x F[x]\,dx$$

est de la classe C′ sur (ab), et sa différentielle est $F[x]\,dx$.

A l'aide de cette intégrale de Riemann nous pouvons obtenir une généralisation du théorème de Taylor. Disons qu'un domaine X_0 de l'espace abstrait X est *convexe* pourvu que l'élément $x_1 + \alpha(x_2 - x_1)$ soit dans X_0 lorsque x_1 et x_2 sont dans X_0 et $0 < \alpha < 1$.

Théorème de Taylor. — *Soit une fonction* $y = F(x)$ *de la classe* $C^{(n)}$ *sur le domaine convexe* X_0, *et soit* Y *un espace complet, en ce sens qu'il admet une généralisation du théorème de Cauchy. Alors pour tout couple* x *et* $x + dx$ *d'éléments du domaine* X_0, *nous avons*

$$F[x+dx] = F[x] + F'[x, dx] + \ldots + \frac{F^{(n-1)}[x, dx, \ldots, dx]}{(n-1)!} + \int_0^1 F^{(n)}[x + \alpha dx, dx, \ldots, dx]\frac{(1-\alpha)^{(n-1)}}{(n-1)!}\,d\alpha.$$

Cette formule d'ailleurs généralise la formule donnée par Jordan dans son *Cours d'Analyse* (1). De ce théorème pour le cas $n = 1$, nous déduisons par les méthodes de M. Fréchet (2) le fait que la différentielle seconde $F''[x, d_1x, d_2x]$ d'une fonction $F[x]$ est *symétrique* par rapport aux accroissements d_1x et d_2x. Alors on voit aisément que les différentielles d'ordre supérieur sont aussi symétriques par rapport à tout couple d'accroissements d_ix, d_jx.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la monogénéité des fonctions d'une variable complexe.* Note de M. **D. Pompeiu**, présentée par M. Appell.

1. Quand on expose la théorie des fonctions analytiques en suivant la voie de Cauchy, on commence par définir la *fonction de variable complexe*, c'est-à-dire la combinaison

$$\varphi(x, y) + i\psi(x, y) = f(z)$$

(1) Voir Tome 1, 3e édition, p. 251.
(2) Mémoire cité, p. 233.

avec

$$x + iy = z,$$

où φ et ψ sont deux fonctions réelles des deux variables réelles x et y et i le symbole des imaginaires. On définit ensuite la *continuité* de $f(z)$ et après la propriété restrictive qui est la *monogénéité*, c'est-à-dire l'existence d'une limite bien déterminée pour l'expression $\frac{f(z') - f(z)}{z' - z}$ lorsque le module $\mu = |z' - z|$, où z est fixe et z' variable, tend vers zéro.

Vient ensuite l'*holomorphie*, c'est-à-dire la propriété de $f(z)$ d'être monogène en *tous* les points formant l'intérieur d'un domaine, d'un cercle par exemple.

2. Mais il y a lieu de placer entre la notion fondamentale de monogénéité (en *un* point) et l'holomorphie, qui est une propriété se rapportant à *tous* les points d'un domaine, l'étude de certains cas intermédiaires, qui peuvent se présenter et qui conduisent à des problèmes intéressants.

Par exemple : une fonction $f(z)$ peut être monogène en un seul point. C'est ce qui arrive pour la fonction $f(z) = x^2 + y^2$, dont la partie imaginaire est identiquement nulle; cette fonction n'est monogène qu'au point $z = 0$.

D'une façon générale : $f(z)$ peut être *monogène* en certains points d'un domaine Δ, et *continue* seulement pour les autres points du même domaine.

Désignons par (Γ) l'ensemble des points intérieurs au domaine Δ (un cercle, par exemple); par (M) l'ensemble des points, de Δ, où $f(z)$ est *monogène;* par (C) l'ensemble des points où $f(z)$ est supposée *continue* seulement.

On sait, depuis longtemps, que pour certains types de l'ensemble (C), la monogénéité de $f(z)$, supposée seulement aux points de (M), s'étend forcément aussi aux points de (C), où $f(z)$ est supposée seulement *continue*. C'est le cas, par exemple, lorsque (C) se réduit à un seul point : fait analytique remarqué déjà par Briot et Bouquet.

Le problème général (étudié par divers auteurs) est le suivant : Quel doit être (C) pour que la fonction $f(z)$, supposée monogène en tout point de (M), soit nécessairement monogène aussi pour les points de (C), où elle a été supposée seulement continue.

3. Voici maintenant un autre problème, en quelque sorte complémentaire du précédent. En effet, dans le problème du numéro précédent, il s'agissait d'étendre la monogénéité de $f(z)$ aussi aux points de (C), lorsque cet ensemble remplit certaines conditions pour obtenir ainsi l'*holomorphie* de $f(z)$ dans le domaine considéré.

Plaçons-nous dans le cas d'une fonction $f(z)$ qu'on sait bien ne pas être holomorphe, mais qui possède des points de monogénéité. Un exemple simple est fourni par la fonction $f(z) = x^2 + iy^2$ dont les points de monogénéité forment la ligne $x = y$. Mais, on le voit facilement, il existe une fonction holomorphe qui prend sur la ligne $x = y$ les mêmes valeurs que $f(z)$.

En général, $f(z)$ peut être monogène en des points formant uue *ligne* Λ, sans qu'il existe de fonction holomorphe se raccordant avec $f(z)$ le long de Λ.

Mais alors il est naturel de se demander si $f(z)$, et sa dérivée le long de Λ, ne possèdent pas de propriétés particulières (comme il arrive dans le cas de la monogénéité pour *tous* les points d'une aire).

La réponse est négative : si une fonction $f(z)$ n'est monogène que pour des points (d'un domaine) situés sur une ligne rectifiable, on ne peut tirer de ce fait aucune propriété analogue à l'holomorphie.

D'une façon précise, étant donnée une fonction de variable complexe, continue quelconque [par exemple $g(z) = x - iy$], on peut construire une fonction $f(z)$ qui admette $g(z)$ comme dérivée en tous les points d'un certain segment de droite, et en ces points seulement.

4. Ainsi, pour que la monogénéité, imposée à une fonction de variable complexe, puisse lui conférer cette propriété qui est le caractère essentiel des fonctions analytiques (*la solidarité* entre les valeurs de la fonction dans les diverses parties de son domaine d'existence) il semble que cette monogénéité doit avoir lieu en des points dont l'ensemble ait une étendue non nulle. Du moins, l'exemple des points de monogénéité formant une simple ligne rectifiable nous montre que, dans ce cas, aucune propriété particulière ne peut être obtenue.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *L'invention du cinématographe.* Note de M. **P. Noguès**, présentée par M. Charles Richet.

Le principe du cinématographe, principe essentiel qui permet de le distinguer de tout autre appareil et de toute autre invention, est le suivant : *une surface émulsionnée, pelliculaire et souple, se meut d'un mouvement intermittent et régulier au foyer d'un objectif. Un obturateur s'ouvre au moment des arrêts de cette surface pour donner passage à la lumière.*

Ce résultat peut être obtenu au moyen de mécanismes très divers, et quelquefois susceptibles de conduire à des résultats meilleurs et, par le

détail, nouveaux, tels que : la projection plus parfaite et plus stable, la projection en relief ou en couleurs, la synthèse ralentie.

Mais la première solution mécanique, dès qu'elle a été obtenue, suffit à constituer l'invention primaire, c'est-à-dire à déterminer l'inventeur du cinématographe,

On trouve, enregistrés dans les *Comptes rendus*, un ensemble de faits permettant d'élucider ce point d'histoire.

En 1882 (¹) Marey décrit un appareil photographique à plaque fixe, *muni d'un disque chronographe obturateur, donnant, à des intervalles de temps égaux, des images successives des corps en mouvement sur fond obscur.*

Dans les années qui suivent, il applique sa méthode à l'étude de la locomotion animale et d'un grand nombre de phénomènes physiques.

Au cours de ces expériences, Marey (1888) modifie sa technique afin de pouvoir enregistrer les mouvements exécutés sur place (maniement des outils ou armes, exercices gymnastiques, etc.) car dans son appareil de 1882 à plaque fixe, les images se superposent quand le sujet photographié n'est pas animé d'un mouvement de translation rapide.

Alors, pour dissocier ces images, deux moyens se présentent à son esprit :

« L'un consiste à déplacer la surface sensible, afin que des points différents de cette surface se présentent successivement pour recevoir l'image de l'objet; l'autre procédé consiste à imprimer à l'image une translation de façon qu'elle se produise en des points différents de la plaque immobile (miroir tournant).

» Je me suis appliqué dans ces derniers temps à essayer comparativement ces deux méthodes, et j'espère obtenir une série d'images sur une longue bande de papier sensible, animée d'une translation rapide avec arrêts aux moments des poses » (²).

Quelques jours après la lecture de cette Note, Marey présente à l'Académie une bande de papier sensible sur laquelle une série d'images a été obtenue, à raison de 20 par seconde. Il a simplement remplacé la plaque fixe de son photochronographe de 1882 *par une bande de papier sensible se déplaçant d'un mouvement intermittent régulier au foyer de l'objectif. La bande est arrêtée pendant l'ouverture de l'obturateur* (³).

(¹) MAREY, *Emploi de la photographie pour déterminer la trajectoire des corps en mouvement avec leurs vitesses à chaque instant et leurs positions relatives* (*Comptes rendus*, 95, 1882, p. 267).

(²) MAREY, *Modification de la photochronographie pour l'analyse des mouvements exécutés sur place par un animal* (*Comptes rendus*, 107, 1888, p. 607).

(³) *Décomposition des phases d'un mouvement au moyen d'images photographiques successives, recueillies sur une bande de papier qui se déroule* (*Comptes rendus*, 107, 1888, p. 677).

Dans une Note du 28 juillet 1890 [1], Marey fait mention de séries d'images enregistrées sur des bandes de pellicule sensible présentées à l'Académie dans une séance antérieure, mais n'ayant pas fait l'objet d'une note écrite. (Ces bandes étaient fabriquées sur sa demande par Balagny, Paris.)

Enfin, le 3 novembre 1890, Marey décrit un appareil complet, atteignant entièrement le but poursuivi [2].

En outre, Marey réalisa des synthèses du mouvement par les procédés connus : phénakisticope de Plateau, zootrope, projection agrandie sur écran [3] [4].

Ajoutons ceci à titre documentaire. Marey appela ses appareils d'abord *photochronographes* et ensuite *chronophotographes*, mot adopté sur sa proposition en 1889 par le Congrès international de Photographie, pour désigner les appareils servant à la photographie du mouvement.

Le mot *cinématographe*, qui sert actuellement à désigner tous les appareils à pellicule mobile, fut imaginé en 1893 par Léon Bouly [5] et a prévalu dans le langage courant.

Conclusion. — Marey, dont l'œuvre est la base indispensable de toute photographie animée, est à la fois le théoricien et le réalisateur (de 1882 à 1890) du dispositif fondamental qui constitue ce qu'on appelle communément aujourd'hui le cinématographe.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la résonance des circuits couplés.* Note [6] de M. L. **Ollat**, transmise par M. G. Ferrié.

Un circuit oscillant constitué seulement par une self et une capacité a une période d'oscillation libre unique. Elle est donnée par la formule de

(1) Marey, *La locomotion aquatique étudiée par la photochronographie* (*Comptes rendus*, **111**, 1890, p. 213).

(2) Marey, *Appareil photochronographique applicable à l'analyse de toutes sortes de mouvements* (*Comptes rendus*, **111**, 1890, p. 626).

(3) Marey, *Le mouvement* (Masson, 1894).

(4) Il est curieux de constater que les procédés de synthèse étaient connus avant que la photographie fût en mesure de fournir les images indispensables à une synthèse véritable des mouvements naturels.

(5) Léon Bouly, *Appareil réversible de photographie et d'optique pour l'analyse et la synthèse des mouvements* (dit le *Cinématographe Léon Bouly*). Brevet d'invention n° 235100, déposé le 26 décembre 1893, délivré le 16 mars 1894.

(6) Séance du 2 juin 1925.

Thomson lorsque la capacité est assez grande pour qu'à chaque instant le courant ait la même intensité en tout point du circuit. Lorsqu'on couple entre eux deux circuits, par induction magnétique, la théorie indique deux périodes d'oscillation pour l'ensemble des deux circuits.

Lorsque ces circuits sont accordés l'un sur l'autre et ont même amortissement, les deux pulsations ω' et ω'' correspondant aux ondes de couplage et leurs amortissements respectifs α' et α'' sont donnés, en fonction de la pulsation ω et de l'amortissement α de chacun des circuits, par les relations

$$\omega' = \frac{\omega}{\sqrt{1-x}}, \qquad \alpha' = \frac{\alpha}{1-x},$$
$$\omega'' = \frac{\omega}{\sqrt{1+x}}, \qquad \alpha'' = \frac{\alpha}{1+x},$$

x désigne le coefficient de couplage, dont le carré est le rapport de l'induction mutuelle des deux circuits à leur self-induction commune.

Nous nous sommes proposé de vérifier expérimentalement ces relations. Elles sont obtenues en négligeant, ce qui est légitime pour les circuits à haute fréquence peu résistants utilisés en radiotélégraphie, le carré de l'amortissement devant le carré de la pulsation.

A cet effet, nous avons tracé les courbes de résonance relatives à chacune des oscillations de couplage. Un oscillateur à lampe induit dans l'un des circuits couplés une force électromotrice dont on fait varier la fréquence. On détermine, pour chaque fréquence, la différence de potentiel efficace entre les armatures du condensateur de l'un des circuits. Nous nous sommes servi pour cette mesure d'un électromètre idiostatique du modèle indiqué par Gutton et Laville (1), assez sensible pour que la mesure puisse être faite pour un couplage très lâche de l'oscillateur et des circuits en résonance. Les mesures électrométriques ont, d'autre part, sur les mesures thermo-électriques l'avantage de ne pas introduire de résistances supplémentaires sur les circuits, on obtient alors, pour la plus grande onde de couplage, une courbe de résonance si aiguë qu'il devient impossible de mesurer à l'ondemètre les faibles différences de fréquence qui correspondent aux divers points de la courbe. Nous les avons obtenues par le procédé suivant. Nous faisons interférer, dans un circuit apériodique muni d'un détecteur, d'un amplificateur et d'un téléphone, les oscillations

(1) GUTTON et LAVILLE, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 392, et *Annales des P. T. T.*, 14, 1925, p. 209.

d'une hétérodyne de fréquence invariable et celles de l'oscillateur. On obtient alors au téléphone un son dont la hauteur correspond à la différence des fréquences qui interfèrent, nous déterminons cette différence en accordant, sur les vibrations de diapasons étalonnés le son du téléphone. Cet accord est rendu très précis par l'audition des battements. La courbe de résonance est assez aiguë pour correspondre dans toute son étendue à des différences de fréquence inférieures à celles pour lesquelles on obtient des sons audibles.

Lorsque la courbe de résonance est très aplatie, nous mesurons directement les fréquences à l'ondemètre.

Nous avons d'abord étudié deux circuits couplés aussi fortement que possible. Les bobines de chacun des circuits étaient constituées par deux fils de cuivre de $0^{mm},6$ de diamètre, couverts de deux couches de coton et enroulés côte à côte sur un tube d'ébonite. Le coefficient de couplage, mesuré à l'ondemètre, atteignait la valeur très élevée 0,957.

Nous avons alors trouvé deux longueurs d'ondes de couplage respectivement égales à 1108^m et 160^m; la longueur d'onde commune aux circuits couplés étant 810^m.

Le calcul donnerait 1125^m et 167^m, valeurs qui diffèrent peu de celles trouvées, étant donné surtout le peu de précision des mesures de coefficient de couplage.

Ces expériences montrent que pour de très forts couplages, il est encore possible de déceler une onde de fréquence beaucoup plus élevée que l'onde propre à chacun des circuits.

L'amortissement de cette onde est, il est vrai, très grand et, comme l'indique la théorie, la fréquence de la plus petite onde augmente indéfiniment, lorsque le couplage tend vers l'unité, mais le courant de résonance, à cause du très grand amortissement, tend à s'annuler.

Les rapports des amortissements trouvés pour les deux ondes à l'amortissement propre à chacun des circuits sont 0,037 et 2,080. Les valeurs calculées sont 0,043 et 1,957. La précision des mesures d'amortissement étant peu élevée, ces nombres doivent être regardés comme en bonne concordance.

Une série de déterminations pour des couplages plus faibles de deux circuits accordés, dont l'onde propre était 1430^m, nous ont données les résultats résumés par le tableau suivant :

Coefficients de couplage.	Ondes de couplage en mètres mesurées.	calculées.
0,052	1410-1467	1380-1480
0,162	1300-1550	1309-1541
0,220	1262-1579	1250-1600
0,480	960-1750	990-1763
0,640	870-1820	858-1831

Enfin nous avons étudié le couplage par capacité dans les conditions suivantes. Chacune des armatures de l'un des condensateurs était reliée à une armature de l'autre par un condensateur de capacité γ. En appelant x le rapport de cette capacité à celle du circuit oscillant, le calcul donne

$$\omega' = \omega, \qquad \omega'' = \frac{\omega}{\sqrt{1+x}}.$$

L'une des ondes de couplage conserve ici une longueur invariable. Les expériences ont porté sur des circuits de longueur d'onde 1350^{m}; nous avons bien trouvé cette valeur constante pour la plus petite onde de couplage, l'autre augmentait suivant la loi indiquée par le tableau suivant :

Coefficients de couplage.	Ondes de couplage en mètres mesurées.	calculées.
0,228	1500	1495
0,358	1575	1575
0,434	1640	1650
0,575	1700	1695
0,673	1730	1746

Ces résultats montrent que, pour les besoins de la pratique radiotélégraphique, le calcul fournit des indications dont la précision est bien suffisante.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Sur la détection des galènes.* Note (1) de M. J. Cayrel, transmise par M. G. Ferrié.

Les expériences des physiciens qui ont étudié les propriétés détectrices de la galène ont porté principalement sur les magmas de petits cristaux dont on se sert en T. S. F.

(1) Séance du 2 juin 1925.

Il m'a paru intéressant d'étudier un cristal isolé et d'examiner en particulier si certaines faces étaient privilégiées au point de vue sensibilité.

Pour cela, une des faces d'un gros cristal de galène est maintenue en contact intime avec une surface métallique. A l'aide d'une fine aiguille métallique (cuivre ou acier) j'explore les autres faces.

Sur les cristaux sensibles que j'ai examinés seules les faces (111) (*Miller*) *ont donné lieu à une détection normale intense* (*dans le sens galène-pointe*).

Au contraire, les faces (100) *ont présenté une très faible détection presque toujours inversée* (¹) (*dans le sens pointe-galène*) *et souvent instable.*

Sur les cristaux insensibles les faces (111) *se comportent comme les faces* (100). *Toutes présentent la détection inversée.*

Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, la nature de la face qui est maintenue en contact intime avec la surface métallique est sans influence sur la détection.

Voici à titre d'exemple les résultats d'une expérience faite en haute fréquence ($\lambda = 700^{m}$). On touche au hasard 10 points sur une face (111) et 10 points sur une face (100) :

> Moyenne des courants détectés : sur la face (111), 4,50 milliampères;
> Moyenne des courants détectés : sur la face (100), 0,10 milliampère.

Des expériences effectuées en basse fréquence ont donné des résultats analogues.

Ces résultats appuient la théorie qui attribue le phénomène de la détection au fait que les faces (111) de la galène contiennent des atomes d'une seule espèce, soit de soufre, soit de plomb.

Mlle P. Collet (²) a signalé, en 1920, que, lorsqu'on fait croître progressivement l'intensité efficace du courant alternatif qui traverse le détecteur, le courant moyen passe par un maximum pour une certaine valeur de I_{eff} puis décroît, s'annule et *change de sens* (*détection de seconde espèce*).

Ce phénomène s'observe très nettement sur des magmas de petits cristaux enchâssés dans des pastilles d'alliage fusible ou serrés dans des pinces de détecteur.

Lorsque j'ai voulu répéter l'expérience *avec un cristal isolé*, j'ai bien

(¹) Cette détection inversée présentée par les galènes insensibles pour les faibles courants ne doit pas être confondue avec la détection inversée aux fortes intensités (détection de seconde espèce) dont il est question dans la seconde partie de cette Note.

(²) COLLET, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1378.

constaté la diminution et l'annulation de la détection aux fortes intensités, *mais nullement son inversion.*

Quelle que fût la face touchée, {111} *ou* {100}, *je n'ai pu obtenir la détection de seconde espèce.*

Mais lorsque la face du cristal maintenue en contact avec la surface métallique est une face sensible (face {111}) *et que ce contact tend à devenir moins intime, la détection de seconde espèce des fortes intensités de courant se manifeste aussitôt, quelle que soit la nature de la face touchée par la pointe.*

Une amélioration progressive du contact, obtenue en serrant le cristal contre le plan métallique, entraîne une diminution progressive de la détection de seconde espèce, puis son annulation, mais cela d'autant plus difficilement que l'intensité du courant traversant le détecteur est plus grande.

La détection de seconde espèce paraît donc pouvoir s'expliquer par une détection normale, localisée non au contact pointe-galène (contact A), *mais au contact galène-pince détecteur (contact* B).

S'il en est ainsi, la détection de seconde espèce tendra à disparaître lorsque le contact B tendra à devenir parfait. C'est ce que montre l'expérience suivante que j'ai répétée sur plusieurs galènes :

Un magma de petits cristaux sensibles, enchâssé dans une pastille d'alliage fusible (contact B imparfait), présentait sur toute sa surface libre une détection inversée de 20 à 40 milliampères. Cette même galène, retirée de son alliage et partiellement immergée dans du mercure (contact B presque parfait), ne présente plus trace de la détection de seconde espèce et donne soit un courant moyen nul (absence de toute détection), soit un courant moyen direct (détection normale) qui disparaît pour des valeurs de I_{eff} suffisamment élevées.

Si la détection de seconde espèce est très marquée chez les galènes à petits cristaux c'est parce que ces galènes présentent, toutes choses égales d'ailleurs, une résistance de contact très grande par rapport aux galènes à larges faces. Pour celles-ci il est aisé d'obtenir un contact B pratiquement parfait, d'où absence fréquente de la détection de seconde espèce.

Pour que l'explication précédente soit satisfaisante, il ne suffit pas d'établir qu'un contact de large surface et relativement intime comme le contact B est capable de détecter des courants intenses (fait que j'ai constaté directement), *mais il faut encore montrer comment, pour de tels courants, la détection du courant* B *peut l'emporter sur celle du contact* A.

Or l'apparition de la détection de seconde espèce est toujours liée à un fort

échauffement (¹) *du contact pointe-galène* (pointe portée au rouge). J'ai pu supprimer momentanément la détection de seconde espèce et même rétablir la détection de première espèce en refroidissant le contact pointe-galène par un courant d'air ou par la projection d'un liquide isolant. Corrélativement l'intensité efficace du courant traversant le détecteur diminue brusquement, *car ce refroidissement entraîne un accroissement considérable de la résistance du contact* A *qui était devenue très faible en raison de l'échauffement produit par le courant.*

D'autre part, le phénomène de la détection est lié à l'existence d'une grande résistance de contact. Si donc par suite d'une grande élévation de température, la résistance d'un contact détecteur tombe à une très faible valeur, ce contact détectera mal ou même cessera complètement de détecter.

On conçoit dès lors sans aucune difficulté que, pour des courants assez intenses pour échauffer fortement le contact A, *la détection au niveau du contact* B *puisse devenir prépondérante, d'où apparition de la détection de seconde espèce en sens inverse de la détection ordinaire.*

Pour les faibles courants au contraire, la densité de courant sur le contact B est beaucoup trop faible pour qu'on ait une détection appréciable. Seule intervient la détection du contact pointe-galène.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les particularités présentées par les cellules à rayonnement de grande résistance électrique.* Note de M. **E. Bodin**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente (²), nous avons montré, M. Reboul et moi, que divers sels ou oxydes convenablement disposés peuvent émettre des radiations de courte longueur d'onde quand un courant électrique les traverse. J'ai étudié la résistance électrique et la distribution des potentiels dans de pareilles cellules, afin de voir si elles présentaient des particularités en relation avec l'émission du rayonnement.

I. La résistance électrique a été déterminée pour un grand nombre de

(¹) On pourrait être tenté d'expliquer la détection de seconde espèce par un effet thermo-électrique; une telle interprétation doit être rejetée ainsi que l'a montré Mlle Collet.

(²) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 37.

sels métalliques disposés sous forme de pastilles comme ils le sont dans les cellules à rayonnement. Ces résistances sont considérables (de quelques mégohms à plusieurs centaines de mégohms).

Les substances étudiées forment trois groupes :

1° Celles qui se comportent comme des isolants pour la sensibilité du galvanomètre employé (5.10^{-7} ampère) et pour les tensions appliquées (1500 volts).

Exemples : HgI^2, $HgCl^2$, Hg^2Cl^2, $CuCl^2$ anhydre, $FeCl^2$ anhydre.

2° Celles qui laissent passer des courants appréciables, et permettent de déterminer leur résistance sans présenter de particularités au point de vue de la conductibilité.

Exemples : Fe^2O^3 résistivité $\rho = 40.10^6$, MgO résistivité $\rho = 5.10^6$, Mn^3O^4 $\rho = 0,12.10^6$.

3° Le troisième groupe comprend des corps faiblement conducteurs, caractérisés par la double propriété suivante : (*a*) pour une différence de potentiel donnée, l'intensité qui les traverse n'est pas constante et diminue d'une façon continue à mesure qu'augmente la durée de passage du courant; (*b*) l'intensité limite n'est pas en général proportionnelle à la différence de potentiel appliquée.

La résistance semble mal définie et susceptible de variations continues. C'est d'ailleurs ce groupe qui comprend le plus grand nombre de substances.

Exemples : HgO, SO^4Hg, SO^4Hg^2, $(SO^4)^3Fe^2$, SO^4Cu, SO^4Ba, CO^3Cu..., etc.

Or l'expérience montre que ce sont les corps de ce dernier groupe qui, sous des tensions convenables, émettent un rayonnement quand un courant les traverse.

L'émission du rayonnement par les cellules de résistance paraît donc liée à une diminution rapide en fonction du temps de l'intensité qui les traverse et à une non proportionnalité de l'intensité limite à la tension appliquée.

II. Les particularités présentées par les résistances des cellules amènent tout naturellement à chercher comment se répartissent les potentiels à l'intérieur des cellules quand un courant les traverse.

Les potentiels aux divers points d'une longue pastille ont été déterminés au moyen de sondes reliées à un électromètre.

Les substances étudiées se classent en trois groupes identiques à ceux qu'a donnés l'étude de la résistance.

1° Pour les substances du premier groupe les potentiels sont mal définis, leur répartition irrégulière.

2° Les corps du deuxième groupe, dont la résistivité est grande mais bien définie, se comportent conformément à la loi d'Ohm; pour une section constante de la pastille, les potentiels varient linéairement avec la longueur.

3° Cela n'est plus vrai pour les corps du troisième groupe, ils ne suivent pas la loi d'Ohm; le passage du courant est accompagné de la formation en fonction du temps, dans le voisinage immédiat des électrodes, de chutes de potentiel, relativement grandes par rapport à la tension appliquée aux bornes de la cellule.

Ainsi avec HgO, elles peuvent aller jusqu'à 500 ou 600 volts pour une tension de 900 volts appliquée aux bornes de la cellule. Avec l'alun ordinaire, pour uue tension aux bornes de 900 volts, on a une chute de potentiel de 370 volts au pôle positif et de 190 volts au pôle négatif.

Ces chutes de potentiel ne se produisent qu'avec les substances susceptibles d'émettre un rayonnement. D'autre part leur formation explique les particularités présentées par la résistance apparente des substances du troisième groupe.

En résumé, l'émission du rayonnement est toujours corrélative d'une discontinuité dans la distribution des potentiels, qui se manifeste au contact de la substance et de l'électrode métallique, ou tout au moins dans une couche de très faible épaisseur voisine de ce contact.

Il paraît donc naturel de faire jouer à ces chutes de potentiel aux électrodes un rôle essentiel dans le mécanisme de l'émission du rayonnement par les cellules de résistance.

ÉLECTRICITÉ. — *Fours électriques à induction à haute fréquence pour températures très élevées.* Note de M. G. RIBAUD, présentée par M. A. Cotton.

Dans les fours à induction à haute fréquence utilisés jusqu'à maintenant pour la réalisation de températures très élevées (3000°) on est amené à utiliser comme résistance de chauffe des creusets conducteurs en graphite; la calorifugation se fait alors en fermant complètement le creuset par un couvercle de graphite et en entourant le tout d'une couche de noir de fumée. Dans certains modèles de fours le couvercle est troué et muni d'un tube de graphite traversant le calorifuge qui recouvre le creuset, le rôle de

ce tube étant de permettre l'échappement des gaz et les visées pyrométriques. Pour éviter que la substance ne soit souillée par le calorifuge on est amené à retirer l'ensemble du creuset et de son couvercle de l'intérieur du calorifuge; une telle façon d'opérer, peu pratique, se prête mal à un travail continu; d'autre part, un simple tube de graphite fixé au creuset chauffant s'emplit inévitablement de fumées qui faussent les mesures pyrométriques.

Nous avons été conduit à étudier des procédés permettant d'ouvrir aisément le four et de faire aussi des mesures précises au pyromètre optique.

Un premier essai de réalisation [1], utilisant des dispositifs de fermeture en oxydes réfractaires, nous a permis de dépasser légèrement 2000°; au-dessus de cette température tous les oxydes réfractaires sont réduits par le charbon [2]. Nous avons alors été amené à utiliser les diverses variétés de charbons poreux réalisés dans la pratique industrielle; ces charbons poreux, faits de grains assez gros et peu agglomérés, sont très peu conducteurs de la chaleur et de l'électricité et ils supportent, comme le graphite, des températures dépassant 3000°.

En principe, les divers modèles de fours étudiés comportent une pièce cylindrique en charbon poreux, prolongeant le cylindre de graphite chauffant et entourée elle-même de noir de fumée.

Dans ce cylindre poreux s'engage un bouchon de fermeture, également en charbon poreux, muni d'une pièce centrale surmontée d'une lame de verre et traversée de haut en bas par un courant de gaz inerte. Si la pièce cylindrique et le bouchon de charbon poreux sont assez longs (8^{cm} au moins) leur conductibilité calorifique est suffisamment faible pour qu'il soit possible d'enlever à la main le système de bouchage alors que l'intérieur du four est à 3000°.

Pour la réalisation d'un four ouvert aux deux bouts on disposera à chaque extrémité du cylindre chauffant un dispositif analogue à celui ci-dessus.

Températures obtenues. — Il est difficile de donner sur ces températures des indications très précises; dans chaque cas particulier il importe de faire une étude systématique des caractéristiques de l'enroulement du four fournissant, pour le volume à chauffer, le rendement maximum.

Avec une puissance de 10 kilowatts les températures réalisées ont été les suivantes : température supérieure à 3000° dans un volume de 100^{cm^3}, 2500° dans un volume de 500^{cm^3} et 1800° dans un volume de 3000^{cm^3}. Avec

(1) *Fours électriques et Chimie*, 1924, p. 351 (Presses universitaires de France).
(2) *Loc. cit.*, p. 98.

une puissance de 18 kilowatts, ces températures ont atteint : 2300° dans un volume de 3¹ et 2000° dans un volume de 5¹.

L'un des modèles ci-dessus a servi à une étude sur la transformation du diamant à haute température (¹), le même four a pu fournir plus de 50 chauffes à 2000° sans que l'on ait eu à remplacer les pièces en charbon poreux. Les différents fours réalisés nous ont servi jusqu'ici à la calcination d'objets réfractaires, à la détermination de points de fusions de corps réfractaires et à des synthèses gazeuses.

Il est intéressant de comparer les températures réalisées dans les fours décrits plus haut avec celles que l'on obtient dans les fours à résistance de carbone, en particulier dans le cas où l'on se propose de chauffer de très grands volumes. Le modèle de four à résistance le mieux adapté à ce cas semble être le four étudié au National Physical Laboratory par Rosenhain et Coad Pryor (²); ce type de four fait d'anneaux de graphite empilés les uns sur les autres a permis d'atteindre 1700° dans un volume d'environ 500^{cm^3} avec 10 kilowatts; nous avons indiqué plus haut qu'un four à haute fréquence, de même volume et de même puissance, nous avait donné la température de 2500°.

RAYONS CATHODIQUES. — *Sur un nouveau mode de production de rayons cathodiques lents.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. A. Cotton.

En même temps qu'il y a production de radiations de courte longueur d'onde par les cellules de grande résistance électrique (³), il y a projection dans le milieu environnant de charges positives ou négatives suivant le sens de la tension qui fait passer le courant dans la cellule. Dans le cas de charges négatives, on peut montrer, en opérant à pression réduite, qu'il s'agit de rayons cathodiques et en mesurer la vitesse.

Cette mesure a été faite de deux manières : 1° en utilisant les potentiels

(¹) G. Friedel et G. Ribaud, *Sur une transformation allotropique de diamant à haute température* (*Comptes rendus*, 178, 1924, 1126; *Bull. Soc. franç. de Minéralogie*, 47, 1924, p. 94). Avec une puissance suffisante dans ce four, la température de 3000° pouvait y être atteinte en moins de 3 minutes.

(²) Rosenhain et Coad Pryor, *Trans. Faraday Soc.*, 14, 1919, p. 264; *Fours électriques et Chimie*, p. 115.

(³) G. Reboul, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 916.

de résonance; 2° au moyen d'un champ antagoniste. Pour réaliser les expériences, on place entre la cellule et la chambre d'ionisation une électrode grille qui permet d'établir entre les deux un champ électrique auxiliaire. Cellule et chambre d'ionisation sont disposées sous la même cloche à vide.

I. Supposons le champ extracteur de la chambre d'ionisation de sens contraire du champ antagoniste établi entre la grille auxiliaire et la cellule; pour une valeur suffisante de ce dernier champ l'électromètre ne recueille que les charges dues à l'ionisation du gaz de la chambre par les radiations qui y pénètrent. Ces charges devraient donc être indépendantes du champ auxiliaire antagoniste.

Voici ce que donne l'expérience, la pression étant de 6^{cm} et la tension à la cellule de 1060 volts :

Champ antagoniste (volts)........	+1144	+880	+704	+352	+ 176	+88	0	−88
Charges extraites (unités arbit.)..	− 14	− 15	− 18	− 18	− 19	−19	−77	+19
Champ antagoniste (*suite*)........	− 176	−352	−704	−880	−1144			
Charges extraites (*suite*)........	+ 19	+ 18	+ 18	+ 24	+ 70			

Cette dissymétrie des charges positives et négatives extraites s'explique aisément au moyen des potentiels de résonance. Quand le champ auxiliaire est positif, il s'oppose au mouvement des électrons émis par la cellule, les charges extraites négatives sont dues à l'ionisation du gaz de la chambre d'extraction par les radiations qui y pénètrent et qui sont celles qu'émet la cellule. Quand le champ électrique auxiliaire est négatif, il accélère la vitesse des électrons émis par la cellule; pour des champs suffisants le potentiel de résonance est atteint, de nouvelles radiations produites par résonance pénètrent dans la chambre d'ionisation et augmentent les charges positives extraites.

Si l'on calcule la différence de potentiel qui, dans les conditions de l'expérience précédente, devrait être établie entre la cellule et la grille auxiliaire (distance 3^{mm}), pour qu'il y ait résonance, on trouve 1350 volts. Or les résultats qui précèdent montrent qu'il y a résonance pour des différences de potentiel inférieures à 900 volts; il faut donc admettre que les plus rapides des électrons projetés par la cellule ont des vitesses correspondant à 450 volts.

Les vitesses que l'on obtient dépendent essentiellement de la tension à la cellule : pour des tensions de 880 volts on trouve des vitesses correspondant à 200 volts, et pour 450 volts on n'a plus qu'une soixantaine de volts.

II. Supposons que la pression sous la cloche soit suffisamment réduite pour que l'ionisation par chocs ne puisse jouer et que les radiations qui pénètrent dans la chambre d'extraction ne puissent produire de charges en quantité appréciable; les charges accusées par l'électromètre ne pourront être dues qu'aux électrons émis par la cellule et projetés dans la chambre.

Si l'on dispose entre la cellule et la chambre d'ionisation un champ antagoniste suffisant, les électrons ne peuvent pénétrer dans cette dernière et la valeur de la différence de potentiel antagoniste renseigne sur la vitesse des électrons émis par la cellule.

Pour une pression de $0^{mm},02$ et une tension à la cellule de 406 volts, tous les électrons sont pratiquement arrêtés par des différences de potentiel antagonistes de 20 à 30 volts. Pour des tensions plus grandes aux bornes de la cellule, ces différences de potentiel atteignent plusieurs centaines de volts.

Il faut donc admettre que les rayons cathodiques émis par nos cellules ont, suivant la tension aux bornes, des vitesses correspondant à des tensions de quelques dizaines à quelques centaines de volts.

M. E. Bodin a montré que, dans les cellules, il y a, dans le voisinage des électrodes métalliques, formation de chutes de potentiel variant, suivant les cas, de quelques dizaines à quelques centaines de volts. Il faut voir dans ces discontinuités de potentiel l'origine des rayons cathodiques lents dont il est parlé plus haut, ainsi que celles des radiations de courte longueur d'onde dont il a été question antérieurement. Dans la couche de sel, voisine de l'électrode grille, où le champ électrique est très intense, les électrons prennent des vitesses qui s'échelonnent suivant la répartition de leurs chocs sur les molécules, de zéro à quelques centaines de volts : une partie de ces électrons s'échappent dans le milieu environnant, ce sont les rayons cathodiques lents qui précèdent; les autres sont arrêtés par collision avec les molécules et produisent l'émission de radiations dont les longueurs d'onde d'après les vitesses de ces électrons doivent s'échelonner entre quelques centaines et quelques dizaines d'Ångströms, en parfaite concordance avec ce que donne l'expérience.

OPTIQUE. — *La vitesse de la lumière et sa dépendance du mouvement de la source lumineuse.* Note [1] de M. **La Rosa.**

M. Salet [2], croit pouvoir affirmer, sur la base de certains calculs faits par lui, que non seulement la vitesse de la source lumineuse (étoile mobile) ne s'ajoute pas telle quelle à celle de la lumière, mais qu'à cette dernière vitesse ne s'additionne pas même une petite fraction ($<\frac{1}{200}$) de la première.

M. Salet n'indique malheureusement ni les grandes lignes de l'idée qui a présidé au calcul, ni les données numériques qui ont servi pour celui-ci; de sorte que, pour essayer d'examiner le bien-fondé de cette affirmation, je dois m'efforcer de suppléer à cette absence en suivant la façon de procéder que me suggère ma théorie et en profitant des *données* qui m'ont été fournies par quelques personnes compétentes auxquelles je me suis adressé tout exprès.

Le *seul* exemple dont M. Salet se réclame d'une manière explicite et concrète est celui d'Algol, et il se borne à dire de cette étoile que son « éclat ne varie pas d'un dixième de grandeur entre les brusques variations des minima successifs, c'est-à-dire pendant une période où la vitesse radiale varie d'une façon connue. Étant *donnée la distance* de l'étoile, *on en déduit*(3) que la vitesse de la lumière n'est pas altérée de plus de $\frac{1}{200}$ environ de la valeur de la vitesse de la source ». Dans cette brève et catégorique affirmation sont donc condensés tous les *arguments démonstratifs* qui devraient nous persuader d'abandonner pour toujours le principe balistique, même à « écartement très réduit ».

Je ne saurais dire exactement quelle valeur M. Salet a voulu donner à l'opposition, qu'il met en relief, entre la façon de varier de la luminosité et la façon de varier de la vitesse. Mais si cette opposition était le point d'appui de son objection, il suffirait de rappeler ici ce que j'ai déjà écrit dans la réponse que, en une précédente occasion, j'ai faite à M. Salet, à savoir que ma théorie non seulement ne nie pas, mais ne peut pas ne pas admettre l'existence de changements de lumière dus à des éclipses, c'est-à-dire l'existence de variables de type discontinu; et dans ce cas, le phénomène se produit d'une manière parfaitement indépendante de

(1) Séance du 18 mai 1925.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 647.

l' « effet balistique » et, par suite, avec des modalités qui ne sont pas soumises aux règles découlant de cette théorie, pour ce qui est des valeurs de Kb comme de la connexion *entre changements de lumière et vitesse radiale*.

Mais examinons de plus près le cas concret d'Algol. Je ferai d'abord remarquer que la variation de lumière de cette étoile peut être interprétée comme le résultat de deux changements, l'un brusque, par saccades, l'autre plus ample, de caractère continu.

En plus du premier changement, où l'on se trouve ramené à l'habituelle hypothèse de l'éclipse, il y en a donc un second à expliquer.

Et à cela ma théorie se prête très bien, à condition qu'on puisse supposer que la grandeur Kb, qui joue un rôle si important dans le phénomène de « variabilité », satisfasse aux conditions

$$0,02 < Kb < 5$$

tout en restant cependant, dans le cas d'Algol, très proche de l'un des extrêmes, comme le veut la *petite* amplitude du changement considéré.

Ce n'est que lorsque le calcul de Kb conduirait à des valeurs très proches de $\frac{1}{2}\pi$ (valeur dans le voisinage de laquelle les changements de lumière sont très grands) que la théorie serait mise en doute par l'observation; car alors la variation de lumière devrait être *de type continu* et marcher de pair avec les changements de vitesse.

Et ici je ne saurais pas même dire exactement si c'est là le point où s'est arrêtée la pensée de M. Salet, c'est-à-dire s'il estime que le calcul de Kb conduit proprement à prévoir de grands changements de lumière de type continu (qui ne s'observent pas dans la réalité) avec changemeuts de vitesse à marche parallèle.

S'il en était ainsi, je ferais remarquer que l'assez grande incertitude qui règne encore dans le domaine des mesures de parallaxe, et un peu aussi dans celles des vitesses radiales, ne nous permet d'attribuer une *valeur sérieuse* ni aux concordances ni aux discordances entre théorie et preuve numérique.

Pour le cas d'Algol, dont nous allons nous occuper, les données que j'ai pu me procurer, relativement à la parallaxe (élément tout à fait essentiel pour le calcul de Kb) sont :

$\pi = 0'',007 + 0,027$ (Russell),
$\pi = 0'',122 + 0,026$ (Flirt),
$\pi = 0'',037 + 0,025$ (Chase).

Une détermination plus récente, faite suivant la méthode photographique de MM. Lee et Joy à l'Observatoire Yerkes, a donné

$$\pi = 0'',027 + 0,010.$$

Mais on m'a aussi communiqué, comme tout à fait récente, cette autre donnée :

$$0'',052 + \quad (^1).$$

Comme on le voit par l'ensemble des chiffres que nous venons de transcrire, nous sommes bien loin de posséder cet élément *certain de fait* qui nous permettrait de procéder à un jugement *quantitatif sans appel*, et de mépriser les nombreuses et belles confirmations que ma théorie a largement récoltées en rendant compte d'une manière générale, et pour la première fois réussie, des phénomènes photométriques, spectroscopiques et statistiques des étoiles variables.

Plus tard, lorsqu'il sera possible de mesurer avec une *exactitude suffisante* la parallaxe de certaines variables, on pourra instituer le contrôle quantitatif que M. Salet réclame; et peut-être trouvera-t-on alors que ma théorie indique la voie la plus simple et la plus directe pour la mesure des distances stellaires.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelle du chlore.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. M. Brillouin.

Nous avons montré que la décharge oscillante dans un tube sans électrodes constitue une source très riche non seulement en raies d'étincelle du premier ordre, mais encore en raies d'ordres supérieurs. En même temps, nous avons fait voir que l'étude spectroscopique de la décharge à potentiels

(1) A titre de curiosité, nous pouvons essayer de calculer la valeur de K*b* qu'il est possible de tirer des chiffres indiqués ci-dessus. Si nous prenons pour π la valeur $0'',027$ (admise comme la plus approchée), la distance Algol-Terre apparaît égale à 121 années-lumière, et, par suite, la valeur de K est $1,54.10^{-4}$. Et comme b est $1,3.10^{-4}$ pour l'astre principal et $3,10^{-4}$ pour le compagnon, nous trouvons pour K*b* les valeurs : 2 pour l'astre principal, et 4,62 pour le compagnon. On devrait donc conclure que le compagnon ne donne pas lieu à un changement de lumière, et que l'astre principal donne naissance à un changement de petite amplitude. Mais l'incertitude de π ne permet pas de se fier à ces résultats.

(1) Voir *Journal de Physique et Le Radium*, 4, 1924, p. 333.

croissants fournit un moyen commode de classer les raies d'étincelle d'ordres successifs.

Nous avons eu occasion de constater que cette méthode, appliquée d'abord à des gaz purs, était susceptible d'une certaine extension. Si l'on introduit dans un tube sans électrodes une petite quantité de sel marin fondu, finement pulvérisé, et si l'on fait le vide, on arrive rapidement à une pression assez faible pour que la décharge annulaire s'amorce à la faveur des gaz résiduels. Cette décharge se maintient et augmente même d'éclat à mesure que le vide s'améliore. La pompe restant toujours en action, on arrive à un état de régime où le tube émet avec intensité la lumière verte caractéristique du chlore, en même temps qu'il se forme sur les parois du récipient un dépôt bleu de sodium. Le sel solide se décompose donc continuellement sous l'effet de la décharge, fournissant à celle-ci la petite quantité de gaz nécessaire à son entretien. De fait, une fois que l'état de régime est atteint, si l'on vient à interrompre la décharge, ne fût-ce qu'un instant, il est impossible de la rallumer en fermant à nouveau le circuit. Pour remettre le tube en service, il faut faire une rentrée d'air et recommencer l'évacuation.

Ce dispositif est particulièrement commode pour étudier l'émission lumineuse du corps qui se dégage (chlore) et pour reconnaître des degrés d'excitation successifs ainsi que nous l'avons fait pour d'autres gaz. Lorsque le dégagement gazeux est lent, comme c'est le cas avec un sel très stable, il est également possible de travailler en isolant l'appareil de la pompe, ce qui permet de faire varier progressivement la pression. De toute façon, les spectres obtenus contiennent, outre les raies du chlore, les raies de l'air et celles du métal alcalin. Ces dernières se reconnaissent facilement (raies très courtes), et peuvent s'éliminer en toute rigueur par la comparaison des chlorures de métaux différents; les premières doivent être identifiées par la mesure de leurs longueurs d'onde et surtout par certaines particularités de leur évolution.

La présente Note fait connaître quelques résultats obtenus, dans le cas du chlore, par la méthode qui vient d'être décrite.

Le spectre du chlore, malgré des travaux récents (Exner et Haschek, Jevons, v. Angerer), est très insuffisamment connu. Les spectroscopistes paraissent d'accord pour attribuer avec Nelthorpe au *spectre d'arc* Cl I du chlore un certain nombre des raies intenses observées par Eder et Valenta dans la décharge non condensée, raies qui disparaissent sitôt qu'on introduit

une capacité. Nous constatons que ces raies sont également absentes des spectres de nos tubes sans électrodes.

Le *spectre d'étincelle du premier ordre* Cl II a été partiellement identifié par Paschen d'une façon très vraisemblable. C'est celui qui contient les deux triplets purs 4819-4810-4794 et 4253-4241-4233, ainsi que les deux triplets complexes 5457-5444-5423 et 3861-3851-3845. Nous attribuons au spectre Cl II toutes les raies qui se comportent comme les précédentes. Beaucoup de celles que nous observons sont nouvelles.

Jusqu'ici on n'avait signalé dans le spectre d'étincelle du chlore aucun degré d'excitation supérieur au premier. Nous observons sur nos clichés un très grand nombre de raies, dont beaucoup sont intenses, et qui évoluent d'une façon tout autre que les raies du premier ordre. Elles sont courtes sur les clichés de faible excitation et se renforcent considérablement aux hautes puissances, tandis que les raies du premier ordre sont longues dès le début et varient beaucoup moins. Nous proposons de les grouper en un *spectre d'étincelle du second ordre* Cl III. Indiquons, à titre d'exemples, quelques raies Cl III qui se trouvent incluses dans la liste d'Eder et Valenta :

3991,625; 3720,4, 3658,499; 3624,3; 3622,7; 3613,9; 3602,2.

Le spectre d'étincelle du second ordre du chlore contient beaucoup de raies nouvelles et s'étend très loin dans l'ultraviolet.

En résumé, nous avons indiqué une extension de notre méthode d'analyse des spectres d'étincelle et nous avons appliqué la méthode, sous cette nouvelle forme, à l'analyse des spectres d'étincelle du chlore.

PHOTOCHIMIE. — *Considérations théoriques sur les directions d'émission des photo-électrons*. Note de MM. **Pierre Auger** et **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que les électrons arrachés à la matière par un faisceau de radiations électromagnétiques ne sont pas émis uniformément dans l'espace. Les directions les plus favorisées sont voisines de celle du champ électrique du rayonnement incident, mais plus ou moins inclinées dans le sens même de sa propagation.

Il est possible (1) par des considérations de conservation d'énergie et de

(1) Pierre Auger, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 929. — W. Bothe, *Zeitschr. für Physik*, 26, 1924, p. 74. — F.-W. Bubb, *Phil. Mag.*, 49, 1925, p. 824.

quantité de mouvement dans les phénomènes d'absorption quantique, de donner une interprétation simple de l'émission des photo-électrons suivant cette direction privilégiée. Pour expliquer la large dispersion que l'expérience indique autour de cette direction, on peut faire intervenir les vitesses intra-atomiques des électrons (vitesses qu'ils possédaient sur leurs orbites au moment de l'absorption) : c'est ce qu'ont tenté Bothe et Bubb (*loc. cit.*).

Bothe admet que ces vitesses se composent perpendiculairement avec une vitesse correspondant à l'énergie $h\nu$ communiquée suivant la direction du champ électrique de l'onde incidente. ce qui amène l'émission des photo-électrons suivant les génératrices d'un cône. Pour Bubb, ce sont des vitesses orientées dans n'importe quelle direction qui se composent avec une vitesse dirigée suivant le vecteur électrique et dont la grandeur est telle que l'équation photo-électrique soit finalement vérifiée; il arrive ainsi à l'émission des électrons dans l'intérieur d'un cône.

Ces théories ont l'inconvénient d'utiliser assez arbitrairement l'équation photo-électrique d'Einstein, et de conduire à des répartitions étroites, à limites nettes, qui ne sont pas en accord avec l'expérience. Nous nous proposons ici de donner une interprétation théorique simple de la large dispersion expérimentale, tout en introduisant d'une façon naturelle l'équation d'Einstein.

Nous partirons des hypothèses suivantes :

I. *Le processus d'émission du photo-électron est instantané.* — Ceci est généralement admis dans la théorie des quanta et semble un caractère essentiel de l'effet photo-électrique.

II. *L'électron quitte son niveau suivant la tangente à son orbite, son énergie cinétique augmentant brusquement d'une quantité* $h\nu$. — En s'éloignant du noyau l'électron transforme en énergie potentielle une partie de cette énergie cinétique, et il lui reste à la sortie de l'atome la vitesse qu'indique l'équation photo-électrique.

III. *La probabilité de départ d'un certain électron est à chaque instant proportionnelle au carré de la projection du champ électrique de l'onde incidente sur la direction de sa vitesse.* — Nous admettons ici, en accord avec les idées récentes de Bohr, que l'éjection d'un photo-électron n'est pas déterminée par l'arrivée d'un quantum corpusculaire, mais qu'elle a, à tout instant, une certaine probabilité de se produire. Cette probabilité doit être proportionnelle à l'intensité du rayonnement incident, ou plus exactement au carré de l'amplitude du champ qui agirait sur l'électron, d'après la théorie électromagnétique classique, pour lui communiquer de l'énergie.

De ces hypothèses se déduit immédiatement la répartition dans l'espace des directions d'émission des rayons électroniques secondaires. Considérons un pinceau de rayons X polarisés, dirigé suivant l'axe Ox d'un trièdre de référence $Oxyz$, et dont le vecteur électrique est parallèle à l'axe Oz. Soient θ et ω les angles d'une direction d'émission possible OV, avec Oz et Ox; soit λ l'azimut de cette direction, compté autour de Ox à partir du plan xOy. Ces angles sont liés par la relation

$$\cos\theta = \sin\omega \sin\lambda.$$

La probabilité de sortie d'un photo-électron dans un angle solide élémentaire $d\Omega$ entourant OV est proportionnelle, d'après l'hypothèse III, à

$$\cos^2\theta \, d\Omega = \sin^2\omega \sin^2\lambda . \sin\omega \, d\omega \, d\lambda.$$

Ce qu'on peut écrire, en séparant les variables ω et λ,

$$\sin^3\omega \, d\omega . \sin^2\lambda \, d\lambda.$$

Cette loi de distribution est en bon accord avec l'expérience.

Dans le cas d'un rayonnement incident non polarisé, on obtient les probabilités d'émission en considérant un plan de polarisation qui tourne rapidement et au hasard, ou bien en superposant, comme on peut le faire en électromagnétisme classique, les effets de deux ondes, sans relation de phase, polarisées dans des plans perpendiculaires : les deux répartitions correspondantes (l'une en $\sin^2\lambda$, l'autre en $\cos^2\lambda$) donnent, en s'ajoutant, une distribution de révolution autour de Ox. (Les théories de Bubb et de Bothe ne permettent pas de faire cette décomposition de l'onde non polarisée.)

Nous n'avons pas tenu compte, ici, de l'action du champ magnétique, et par conséquent de la quantité de mouvement du rayonnement. Dans le cas des rayons β secondaires émis dans des directions voisines de celle du champ électrique, cette quantité de mouvement est sans doute communiquée à l'électron, ce qui déplace vers l'avant la direction de projection la plus probable [1]. Pour les électrons émis dans des directions inclinées, l'action du champ magnétique semble plus délicate à analyser.

---

(1) Pierre Auger, *loc. cit.* — Bothe, *Zeitsch. f. Physik*, 26, 1924, p. 59. — Bubb, *loc. cit.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la miscibilité des mélanges d'eau, d'alcool éthylique, alcool isobutylique.* Note (¹) de M. **Pierre Brun**, transmise par M. A. Haller.

La miscibilité des mélanges eau, alcool éthylique, alcool supérieur, a été étudiée par M. Fontein en ce qui concerne l'alcool isoamylique, et M. Drouillon (²) pour l'alcool butylique normal.

La méthode que nous avons suivie est la méthode dite synthétique qui

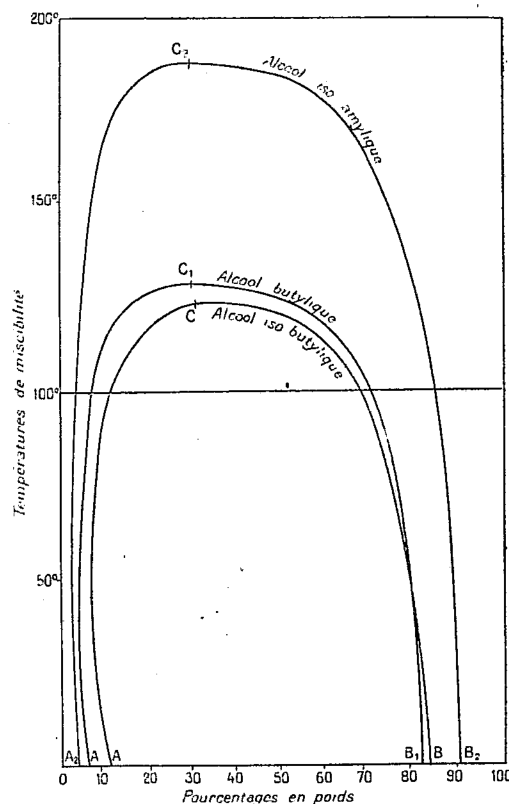


Fig. 1.

consiste à déterminer la température de *louche* de mélanges de composition connue.

Nous avons obtenu ainsi la courbe de miscibilité des mélanges eau, alcool

(¹) Séance du 11 avril 1925.

(²) Drouillon, *Journal de Chimie physique*, 22, n° 3, 1925, p. 149-168.

isobutylique, que nous avons représentée sur la figure 1. Au point C, les deux couches liquides qui se mélangent sont identiques : C est le point critique de miscibilité. Il correspond à une température critique de 123°,5 et une composition critique de 37,5 pour 100 d'alcool isobutylique dans la solution aqueuse. Les mélanges qui renferment moins de 8 pour 100, ou plus de 83 pour 100 d'alcool, sont stables à toutes températures; les mélanges qui renferment de 12 à 83 pour 100 d'alcool deviennent homogènes par élévation de la température; les mélanges, enfin, qui contiennent de 8 à 12 pour 100 d'alcool, homogènes à la température ordinaire, se troublent par élévation de température, puis, à une température plus élevée, redeviennent homogènes.

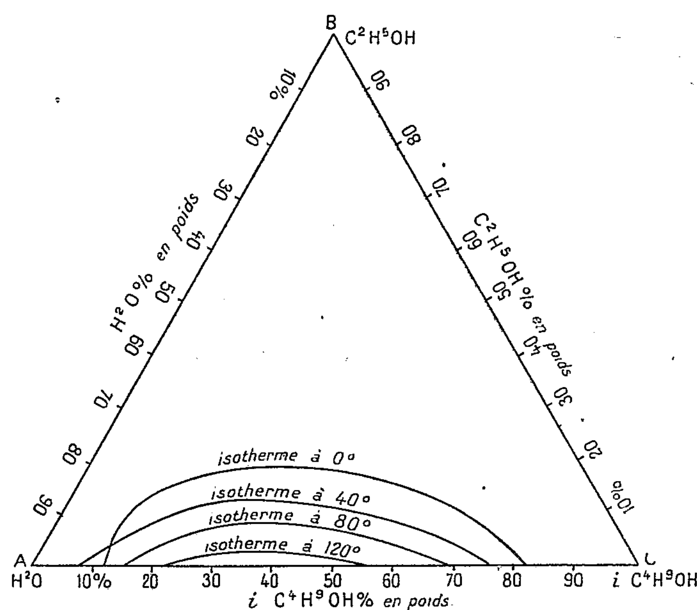


Fig. 2.

Sur le même graphique nous avons représenté les courbes de miscibilité avec l'eau, de l'alcool isoamylique et de l'alcool butylique normal. Le point critique pour l'alcool normal correspond à une température de 129° et une composition de 34 pour 100.

Nous avons étudié ensuite la miscibilité de l'alcool isobutylique dans les mélanges d'eau et d'alcool éthylique, ce qui nous a permis, sur un graphique triangulaire, de tracer une série de courbes d'équilibre isothermiques, représentées par le graphique de la figure 2.

Tout point pris à l'intérieur d'une de ces courbes correspond à un mélange séparé en deux couches, à la température qui correspond à la courbe considérée.

Nous avons déterminé ensuite la composition des deux couches qui se séparent à partir de mélanges de compositions connues, maintenus à 0°.

Le long de l'isotherme 0°, nous avons déterminé ainsi 14 points conjugués. En joignant les milieux des 7 droites de conjugaison, la droite ainsi obtenue coupe l'isotherme au point critique de miscibilité des mélanges ternaires à 0° (graphique de la figure 3).

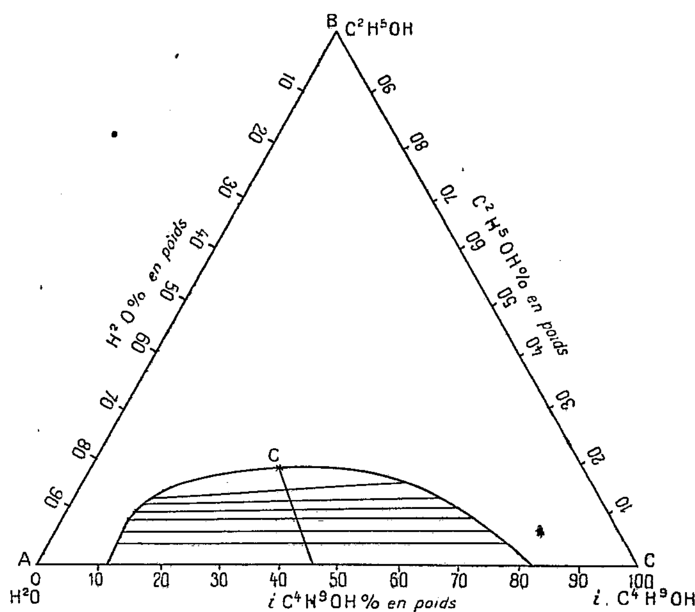


Fig. 3.

Nous avons trouvé ainsi, pour la composition des mélanges critiques à 0 :

	Pour 100.		Pour 100.
Alcool isobutylique.....	31,6	Alcool butylique normal...	23
Alcool éthylique.......	15,7	Alcool éthylique.........	16
Eau..................	52,7	Eau....................	61
Total...........	100,00	Total.............	100,0

Nous continuons l'étude annoncée au début de cette Note.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouveau mode de diagnose et de dosage immédiat du cobalt par spectroscopie et chromoscopie.* Note de M. **Georges Denigès**, présentée par M. Charles Moureu.

La coloration bleue, bien connue, prise par le chlorure de cobalt dissous, en présence d'un grand excès d'acide chlorhydrique, n'a, jusqu'à présent, attiré l'attention des chercheurs que pour essayer d'en expliquer le mécanisme.

Engel (1), dans un lumineux Mémoire, publié en 1891, a accumulé des preuves très impressionnantes pour affirmer que cette coloration était due à la formation d'un chlorhydrate de chlorure de cobalt hydraté $CoCl^2.HCl.3H^2O$, combinaison moléculaire persistant dans la solution chlorhydrique et tout à fait analogue par sa teinte bleue et sa constitution, au chlorure de cobalt et de lithium isolé à l'état de cristaux bleus par Chassevent.

On a prétendu depuis (Donnau et Basset) que le chlorhydrate de chlorure de cobalt était en réalité un acide chlorocobaltique $HCoCl^3$ dissociable, même en milieu très chlorhydrique, en H et anion $CoCl^3$, bleu.

Quoi qu'il en soit, la formation de la coloration bleue, dont il vient d'être question, n'est pas particulière au seul chlorure de cobalt mais est générale pour tous les sels de ce métal quand ils sont en présence d'un excès de HCl. Elle caractérise donc le cation Co''.

De plus, elle fournit un beau spectre d'absorption (2), très spécifique, non encore décrit et pouvant s'observer en présence de tout autre solution saline. Enfin, on la retrouve même à de très grandes dilutions.

Pour ces différentes raisons, nous avons pensé que les caractères si bien

(1) Engel, *Sur les variations de couleur du chlorure de cobalt* (*Bull. Soc. chim.*, 3e série, 6, 1891, p. 239).

(2) Ce spectre, qui se constate avec plus de netteté à la lumière artificielle (flamme de lampe à pétrole, par exemple) qu'à la lumière naturelle, consiste en quatre bandes d'absorption situées dans le rouge orangé. Les deux bandes les plus voisines de l'infrarouge sont les plus sombres — surtout la plus extrême — au point de paraître confondues dès que la concentration du liquide en produit bleu est suffisante.

Leur centre commun, légèrement déplacé vers l'infrarouge par rapport à la raie du lithium, coïncide sensiblement avec la raie la plus extrême du strontium.

Les deux autres bandes, bien plus fines, sont séparées par une plage moins sombre et qui s'éclaircit complètement par la dilution. Leur centre voisine avec la raie rouge du calcium.

différenciés qu'elle présente permettaient de l'appliquer utilement à l'analyse chimique en nommant pour une désignation commode, *réaction céruléo-cobaltique* l'ensemble des conditions permettant de la réaliser pour la recherche et le dosage rapide du cobalt.

Ce qui va suivre le démontre : dans un tube à essai, de 15-16^{mm} de diamètre, on verse 5$^{cm^3}$ de HCl pur et l'on y mélange 0$^{cm^3}$,1 d'une solution de sel de cobalt renfermant 2^{g} de Co'' par litre; aussitôt, une coloration bleue se développe et un spectroscope à vision directe — de préférence à spectre étalé — montre, très nettement, les bandes d'absorption signalées. Ce résultat est donc obtenu avec 0^{mg},04 de Co'' par centimètre cube de liquide total.

Une teinte bleutée est encore perceptible à une concentration quatre fois moindre mais la vision nette du spectre, sous l'épaisseur considérée, exige une concentration limite de 0^{mg},02 par centimètre cube.

Dans toute solution aqueuse, même contenant divers principes salins mais ne renfermant pas de substances autres que Co'', susceptibles de se colorer à froid par HCl (telles que Cu'' et Fe'''), il est possible jusqu'aux dilutions et pour les épaisseurs qui viennent d'être indiquées, non seulement de caractériser mais même de doser cet anion par spectrophotométrie ou par chromoscopie, contrôlée par le spectroscope, à l'aide d'étalons de comparaison.

En présence de Cu'' et Fe''' dont les solutions chlorhydriques sont d'un jaune intense, le spectre se voit aussi bien qu'en l'absence de ces ions mais, lorsqu'on veut percevoir la coloration propre au cobalt, il est nécessaire de les réduire, par $SnCl^2$, en Cu' et Fe'' qui ne colorent pas, d'une manière appréciable, HCl concentré.

Ainsi en mettant, dans un tube à essai, 5$^{cm^3}$ de HCl pur, 0^{mg},02 de Co'' et 100 fois plus de Fe''' (0$^{cm^3}$,2 de $FeCl^3$ officinal) on constate que le liquide, jaune extrêmement intense, résultant de ce mélange, additionné peu à peu d'un liquide obtenu en dissolvant 0^{g},50 de feuille d'étain dans 10$^{cm^3}$ de HCl concentré, devient finalement d'un bleu très pur, sans que cette dernière teinte soit, en quoi que ce soit, dégradée par un excès du réducteur.

Cette technique est particulièrement recommandable dans l'essai rapide des minerais du cobalt. D'une extrême simplicité, elle l'emporte de beaucoup en sensibilité (20 fois plus environ) sur le procédé colorimétrique ordinaire consistant à apprécier, par comparaison avec des solutions titrées, la teneur en Co'' d'une solution en se basant sur l'intensité de la teinte rose qu'elle présente.

Enfin, il n'en est pas de plus simple pour rechercher et doser le cobalt

dans les sels de nickel du commerce qui en contiennent toujours quelques centièmes.

Ainsi, en mettant dans un tube à essai, $0^{cm^3},5$ d'une solution de $9^g,52$ de sulfate de nickel cristallisé pur, *exempt surtout de cobalt*, dans suffisamment d'eau pour faire 50^{cm^3} — ce qui correspond à 40^g de Ni'' par litre et à $0^g,020$ de cet ion, dans l'essai — il se développe une teinte jaune serin, passant au vert bleu accentué et présentant le spectre spécial, par addition de $0^g,0002$ de Co'', soit 100 fois moins que de nickel mélangé. Un virage, tirant sur le vert, est encore perceptible avec $\frac{1}{300}$ de cobalt.

Avec des étalons appropriés, des dosages rigoureux sont possibles en quelques instants. Il sera bon, toutefois, pour une plus grande exactitude dans les résultats, d'ajouter aux solutions de sels de nickel du commerce, dans lesquels on voudra doser Co'', quelques gouttes de Cl^2Sn récent en cas que des traces de Fe''', se trouvant mélangées à ces sels, puissent gêner les observations chromoscopiques.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de l'oxyde de carbone par la méthode au sang et remarques sur l'absorption de ce gaz par l'hémoglobine en l'*absence d'oxygène. Note ([1]) de M. MAURICE NICLOUX, présentée par M. G. Urbain.

La méthode au sang ([2]) pour la recherche de l'oxyde de carbone a été introduite en France par Ogier et Kohn-Abrest, mais c'est à Florentin et Vandenberghe que l'on doit la technique qui a permis un dosage d'une exactitude tout à fait suffisante. Moi-même ([3]), par quelques modifications de détail ([4]), ai pu préciser encore davantage le mode opératoire et les résultats analytiques.

([1]) Séance du 2 juin 1925.

([2]) Cette méthode consiste essentiellement à faire passer le gaz privé d'oxygène dans du sang dilué. Du volume de gaz nécessaire pour l'obtention au spectroscope des deux bandes caractéristiques de l'hémoglobine oxycarbonée, on déduit la teneur en oxyde de carbone.

([3]) MAURICE NICLOUX, *Sur le dosage de l'oxyde de carbone dans l'air* (*Bull. Soc. chim.*, 4e série, 33, 1923, p. 818-822). On y trouvera la bibliographie.

([4]) Notamment de placer dès l'origine le sang en milieu réducteur (hydrosulfite de soude ammoniacal), ce qui permet d'éviter la moindre trace d'oxygène et d'examiner le sang *in situ* dans le tube de Winkler même où se fait le barbotage. Le sang par ailleurs est rendu imputrescible, ce qui permet d'opérer sur des échantillons toujours identiques à eux-mêmes.

La technique que je propose aujourd'hui permet d'opérer sur des volumes de gaz tout à fait réduits et d'augmenter ainsi la sensibilité.

L'appareil tout d'abord a été simplifié, le tube de Winkler d'un petit modèle, enroulé en deux spires seulement n'a plus que 7^{mm} de diamètre intérieur. Il présente : à sa partie terminale inférieure, et tout près de son origine, une partie soufflée ayant la forme d'une cuve parallélépipédique, à son extrémité supérieure, une boule. L'arrivée du gaz se fait par un tube semi-capillaire finement étiré, *amovible*, fixé par un petit bouchon à un trou à l'origine du tube de Winkler.

Pour assurer l'individualité de chacune des bulles de gaz prenant naissance dans le liquide sanguin à la sortie du tube semi-capillaire, ce qui est un moyen d'assurer une surface d'observation considérable, on ajoute à la solution de sang dilué, d'un volume de 6^{cm^3}, deux gouttes de saponine à 1 pour 100, la mousse est brisée à la sortie de l'appareil par une trace d'alcool octylique. Rien d'autre n'est changé au mode opératoire décrit dans ma publication antérieure.

Le calcul montre que les 6^{cm^3} de sang dilué à 2 pour 100 seraient capables de fixer, s'ils étaient saturés, $0^{cm^3}02$ (1) environ d'oxyde de carbone. Comme les deux bandes sont visibles lorsque le sang contient seulement 25 à 30 pour 100 de la quantité totale du pigment à l'état d'hémoglobine oxycarbonée, c'est dire que les quantités de CO, mises en jeu, sont de l'ordre vraiment infinitésimal de $0^{cm^3},005$ à $0^{cm^3},006$.

Voici les résultats :

Teneur de l'air en 100000e..	10	7,5	5	3	2	1	0,5	0,4	0,33
Volume d'air privé d'oxygène ayant provoqué l'apparition des bandes (en cm^3)..	90	110	130	200	270	515	1000	1200	1400

Le simple examen de ces résultats montre la sensibilité vraiment remarquable de la méthode ; on peut noter par exemple que la recherche et le dosage de l'oxyde de carbone dilué dans l'air dans la proportion de $\frac{1}{100000}$ est une opération d'une facilité extrême : 500^{cm^3} environ de l'air privé d'oxygène suffisent pour obtenir l'apparition des deux bandes, le même résultat est obtenu avec 130^{cm^3} de gaz à $\frac{5}{100000}$.

Ces données expérimentales présentent, nous le croyons, un réel intérêt pratique ; voici, dans un autre ordre d'idées, exposée en un résumé très bref, leur interprétation physico-chimique.

Rappelons les trois réactions suivantes que régit la loi d'action de masses :

---

(1) Exactement $0^{cm^3},0216$. Le même échantillon de sang employé dans toutes les expériences qui vont suivre avait en effet une capacité respiratoire de 18. Les 6^{cm^3} dilués à 2 pour 100 étaient donc capables de fixer un volume d'oxyde de carbone égal à $6 \times \frac{2}{100} \times \frac{18}{100} = 0^{cm^3},0216$.

1° Quand l'oxyde de carbone et l'oxygène se disputent la possession de l'hémoglobine et du fait de la réversibilité de la réaction



(I) $$\mathrm{Hb\,O^2 + CO \rightleftharpoons Hb\,CO + O^2},$$

une partie d'oxyde de carbone agit comme 220 à 250 parties d'oxygène [1].

2° Quand l'oxygène *seul* se trouve en présence d'hémoglobine, à une tension déterminée d'oxygène correspond une proportion rigoureusement déterminée d'oxyhémoglobine. Pour prendre un exemple : pour une tension d'oxygène de 10^{mm} de mercure, la proportion de $\mathrm{Hb\,O^2}$ est de 30 pour 100, et ceci est en parfait accord avec la réaction réversible



(II) $$\mathrm{Hb + O^2 \rightleftharpoons Hb\,O^2}.$$

3° Quand l'oxyde de carbone *seul* se trouve en présence d'hémoglobine, et du fait de la réversibilité de la réaction :



(III) $$\mathrm{Hb + CO \rightleftharpoons HbCO}$$

à une tension déterminée d'oxyde de carbone correspond une proportion rigoureusement déterminée d'hémoglobine oxycarbonée; mais comme conséquence également des réactions (I) et (II), c'est à une tension 220 à 250 fois plus petite que celle de l'oxygène que correspond *le même* pourcentage d'hémoglobine oxycarbonée. Pour prendre l'exemple déjà cité : à la tension d'oxygène de 10^{mm} de mercure correspondait une proportion de 30 pour 100 d'hémoglobine oxygénée, ce sera à une tension d'oxyde de carbone de $\frac{10}{250}$, soit $0^{mm},04$ de mercure que correspondra la même proportion, soit 30 pour 100, d'hémoglobine oxycarbonée; cette proportion sera augmentée si la tension de CO est supérieure à $0^{mm},04$, elle sera diminuée si la tension de CO est inférieure à $0^{mm},04$ [2].

Or les expérienees que je viens de rapporter dans cette Note montrent que l'on obtient déjà les bandes, c'est-à-dire 30 pour 100 d'hémoglobine

---

(1) Maurice Nicloux, *Les lois d'absorption de l'oxyde de carbone par le sang* in vitro (*Comptes rendus*, 157, 1913, p. 1425); *Id.* in vivo (*Comptes rendus*, 158, 1914, p. 363).

(2) Ces faits ont été établis par l'École anglaise et notamment par J.-S. Haldane et ses collaborateurs. Consulter pour l'ensemble de la question et la bibliographie : Maurice Nicloux, *Sur les combinaisons de l'hémoglobine avec les gaz : oxygène, oxyde de carbone, mélange de ces deux gaz. Nature de ces combinaisons et discussion sur les réactions d'équilibre qui leur donnent naissance. Revue critique* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, 1, 1919, p. 114-145).

oxycarbonée, même quand la proportion de CO dans l'air n'est que de $\frac{1}{300000}$, correspondant à une tension de $760 : 300000 = 0^{mm},0025$ de mercure, soit 16 fois moins que la tension de $0^{mm},04$ à laquelle correspond, d'après l'école anglaise et en accord apparent avec la loi des masses, cette même proportion de 30 pour 100 d'hémoglobine.

Cette profonde divergence méritait d'être signalée, il serait de toute utilité d'en trouver l'explication ; mes recherches continuent dans ce sens.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation de la triple liaison. Formation de composés cis-éthyléniques.* Note de M. **M. Bourguel**, présentée par M. Moureu.

On sait que, d'après la représentation géométrique ordinairement adoptée pour représenter la double et la triple liaison entre deux atomes de carbone, la transformation d'une triple liaison en double liaison par addition doit conduire à un composé cis-éthylénique. On sait d'ailleurs que cette hypothèse est loin d'être vérifiée par l'expérience.

Les exemples d'addition d'hydrogène sont peu nombreux ; ils montrent que, dans des conditions expérimentales excluant toute hypothèse de stéréomutation postérieure à l'hydrogénation, tantôt le composé cis, tantôt le composé trans sont les produits primaires de l'hydrogénation. Il semble qu'au moment de sa formation, la molécule éthylénique soit dans une sorte d'équilibre instable que les conditions de la réaction orientent dans un sens ou dans l'autre.

On ne saurait guère concevoir de procédé d'hydrogénation plus doux que l'hydrogénation catalytique à froid. Il était intéressant de savoir si l'on obtenait ainsi le composé cis ou le composé trans.

On connaît à ce sujet trois expériences exécutées toutes les trois à l'aide du palladium colloïdal ; les résultats en sont contradictoires. Paal et Hartmann ont transformé le phénylpropiolate de soude en l'un ou l'autre des trois allo ou isocinnamates ; ils n'obtiennent que des quantités insignifiantes d'acide cinnamique ordinaire (*trans*). Kelber et Schartz ont hydrogéné le tolane et ont obtenu l'isostilbène (*cis*) mélangé de stilbène, mais n'ont pas cherché les rapports des deux composants. Enfin Salkind à partir du tétraméthylbutinediol a obtenu un mélange de tétraméthylbutènediols qu'il pense être les isomères *cis* et *trans*.

Dans les exemples que je vais citer ici, je n'ai jamais obtenu que le com-

posé *cis*. Tout au plus ai-je pu, dans certains cas, déceler des traces de composé *trans*. Je me suis servi du palladium colloïdal sur un support protecteur aussi neutre que possible : l'amidon ; les quantités de catalyseur employées étant de 1 à 3^{cg} pour 15 à 30^{g} d'acétylénique.

Pour l'acide phénylproprolique, mes résultats confirment exactement ceux de Paal et Hartmann. Le produit de l'hydrogénation est un liquide soluble dans l'éther de pétrole où l'acide trans est insoluble. Ce liquide cristallise pour donner l'acide isocinnamique d'Erlenmeyer (fusion = 36°,5-38°) qui se transforme en quelques heures en l'acide isocinnamique de Libermann (fusion 54°-56°), lequel à son tour donne au bout de quelques mois l'acide allocinnamique (fusion 66°-67°). Je n'ai pas pu isoler d'acide trans.

L'hydrogénation du tolane donne presque uniquement de l'isostilbène (*cis*). 17^{g} de tolane donnent $14^{g},5$ d'isostilbène pur passant à 140°,5-141° sous 13^{mm}, alors que l'isomère trans bout à 168° sous la même pression. Il reste en outre un résidu de $0^{g},4$ qui est un mélange de dibenzyle et de stilbène. Il se forme donc au maximum $\frac{1}{30}$ à $\frac{1}{40}$ de l'isomère trans; encore peut-on remarquer que l'isostilbène s'isomérise facilement par chauffage d'après Strauss, or la distillation a eu lieu à température élevée.

L'hydrogénation de l'acide acétylène-dicarbonique ne donne que de l'acide maléïque (*cis*). Effectuée sur 10^{g}, soit dans l'eau, soit dans l'acétate d'éthyle, elle donne un produit soluble dans 20^{cm^3} d'eau. Or l'acide fumarique est très peu soluble ($\frac{1}{150}$). Le résultat de l'hydrogénation fond à 127°-129° (acide maléïque 130°) et se transforme en anhydride maléïque par chauffage à 100° dans le vide.

L'hydrogénation de l'acide tétrolique ne donne que l'acide isocrotonique (*cis*). Sur 26^{g} il a été recueilli 23^{g} d'acide isocrotonique bouillant sur un demi-degré à 68°,5 sous 11^{mm}, alors que l'acide *trans* bout environ 15° plus haut; cet acide isocrotonique fond de 9° à 11°, puis, après essorage, à 15° (théorie 15°), alors que l'acide crotonique fond à 72°. Il reste en outre un résidu très faible qui ne cristallise pas.

J'ai aussi repris le cas du tétraméthylbutinediol pour lequel Salkind trouve tantôt un composé fondant à 76°,5 tantôt un autre fondant à 69°,5-70°, tantôt un mélange. Il admet qu'il s'agit des isomères *cis* et *trans* et attribue au composé fondant à 76°,5 la constitution *cis* car il se déshydrate plus facilement pour donner un oxyde interne.

Dans l'hydrogénation du tétraméthylbutinediol je n'ai jamais trouvé qu'un seul composé fondant à 67°-68° semblable en tout point au composé

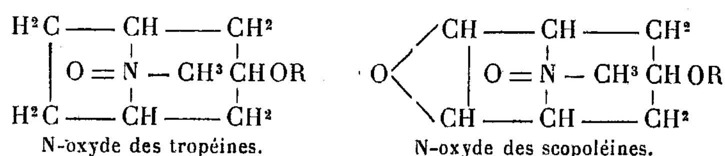
de Salkind fondant à 69°,5-70°. Tout au plus, en opérant sur 60^g de matière ai-je pu isoler 0^g,3 de l'isomère 76°,5 par des cristallisations successives, évaporation des liqueurs mères et triage des cristaux à la pince.

Il est vraisemblable d'après ce qui précède que le composé 67°-68° est *cis*. D'ailleurs il est dix fois plus soluble que son isomère et c'est une règle générale que les *trans* sont les moins solubles et fondent plus haut que leurs isomères *cis*.

En résumé, je n'ai jamais obtenu qu'un seul composé à très peu de chose près et, chaque fois que la constitution des isomères était connue d'une façon sûre, l'hydrogénation catalytique m'a donné l'isomère *cis*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les aminoxydes des alcaloïdes du groupe du tropane*. Note (¹) de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Charles Moureu.

Depuis les travaux de Wolffenstein, de Bamberger et de leurs collaborateurs sur les N-oxydes des amines tertiaires, l'action de H^2O^2 sur les alcaloïdes a été étudiée par plusieurs auteurs : alcaloïdes de la noix vomique (A. Pictet), de l'opium (Freund), de la fève de Calabar (Max et Michel Polonovski), du genêt (Valeur et Luce), du quinquina (Speyer et Becker). Nous avons cru intéressant d'étendre cette réaction aux alcaloïdes des Solanées, dans lesquels l'azote tertiaire basique se trouve engagé dans un noyau bicyclique, à la fois pyrrolidique et pipéridique.



N-oxyde des tropéines. N-oxyde des scopoléines.

Bien avant les travaux précités, Merling (²), en faisant agir H^2O^2 sur la tropine et la tropidine, avait obtenu des dérivés auxquels il attribua la formule erronée $R = N - CH^2OH$, et dont il ne signale, comme propriétés, que l'analyse de leurs chloroplatinates. A la lumière des données actuelles sur les aminoxydes, nous avons repris cette étude.

Mode d'obtention. — L'alcaloïde en question est traité, soit tel que, soit

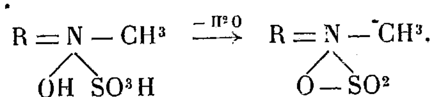
(¹) Séance du 2 juin 1925.

(²) Merling, *Ber.*, 25, 1892, p. 3124.

en solution alcoolique ou acétonique, par H^2O^2 en léger excès, puis abandonné à froid pendant quelques jours; on évapore ensuite le dissolvant à basse température. Le résidu, tantôt cristallisé, tantôt huileux, est soumis à un traitement à l'éther, qui enlève la base non transformée, sans toucher à l'aminoxyde presque insoluble dans ce véhicule. On le purifie par cristallisation, si la chose est possible, ou bien on l'engage dans une combinaison saline cristalline.

Propriétés. — Tous ces composés sont de réaction neutre au tournesol, très solubles dans l'alcool et dans l'eau, presque insolubles dans l'éther; ils donnent des sels bien cristallisés.

Traités à froid en solution aqueuse par SO^2, tous ces aminoxydes sont, en partie, réduits en sulfates des bases primitives; il se forme en même temps, en proportions notables, des éthers N-sulfonés ([1]) ordinairement peu solubles dans l'eau froide, du type de ceux qu'avait obtenus Wolffenstein à partir des trialcoylaminoxydes ou des N-alcoylpipéridiniumoxydes, et qu'on peut considérer comme des éthers internes d'acide N-sulfaminé



Ces éthers s'hydrolysent avec une très grande facilité; ils se saponifient déjà en partie à l'air humide et presque totalement par une ébullition prolongée en solution aqueuse.

Nous décrirons très brièvement les différents composées obtenus au cours de cette étude.

N-*oxyde d'hyosciamine.* — La transformation de l'hyosciamine en N-oxyde est complète à froid au bout de trois jours. Le produit obtenu, de consistance pâteuse, durci après évaporation dans le vide; il possède encore le pouvoir rotatoire, $\alpha_D = -15°$ (en solution alcoolique) et $\alpha_D = -19°$ (en solution aqueuse). Chlorhydrate : F. 198°; $\alpha_D = -11°,5$ (en solution aqueuse). (Analyse : trouvé, C = 59,3 pour 100; Az = 4,03 pour 100; Cl = 10,4 pour 100. Calculé pour $C^{17}H^{23}O^4N.HCl$: C = 59,6 pour 100; Az = 4,09 pour 100; Cl = 10,39 pour 100). Éther sulfoné : F. 208°; $\alpha_D = -15°$ (en solution alcoolique à 75°). Dosage de SO^3 : S = 8,7 pour 100. Calculé pour $C^{17}H^{23}O^3NSO^3$: S = 8,67 pour 100.

([1]) Ces dérivés sulfonés ont dû échapper à A. Pictet qui décrit comme totale la réduction des oxydes de strychnine (Mattison et Pictet, *Ber.*, 38, 1905, p. 2782) en sulfate de base primitive sous l'action de SO^2. Nous avons pu en effet nous assurer que l'oxyde de strychnine, traité par SO^2, donnait un éther sulfoné, fondant au-dessus de 330°, peu soluble dans le carbonate de soude, mais facilement hydrolysable à chaud.

Cet éther sulfoné, en solution aqueuse, finit par s'hydrolyser à chaud en sulfate d'hyosciamine. Si l'on travaille à froid on peut régénérer l'hyosciamine, mais si l'on élève la température, soit au cours de l'oxydation, soit pendant la réduction, il se produit une racémisation en atropine, qui peut devenir totale.

N-*oxyde d'atropine.* — Masse sirupeuse hygroscopique. S'obtient également par racémisation de l'oxyde d'hyosciamine. (Analyse : trouvé, Az = 4,50 pour 100; calculé pour $C^{17}H^{23}O^{4}N$: Az = 4,59 pour 100.) Chlorhydrate : F. 192-193°. Éther sulfoné : F. 205°.

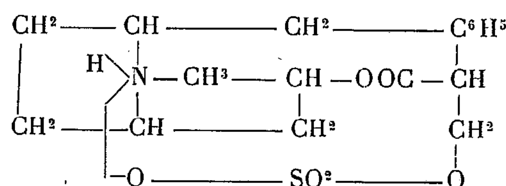
N-*oxyde de tropine.* — On peut le préparer, soit par action de H^2O^2 sur la tropine, soit par saponification du N-oxyde d'atropine. Il cristallise dans un mélange d'alcool et d'acétone. F. 238° (déc.). Chlorhydrate : F. au-dessus de 280°. Éther sulfoné : F. 218°.

N-*oxyde d'apoatropine.* — Cristallise dans l'acétone : F. 128°; chlorhydrate : F. 205°; salicylate : F. 152°; éther sulfoné : F. 155°. (Dosage de SO^3 : trouvé, S = 9,39 pour 100. Calculé pour $C^{17}H^{21}O^{3}NSO^{3}$: S = 9,12 pour 100.)

N-*oxyde d'homatropine.* — F. 138-140°. Bromhydrate : F. 238°. Éther sulfoné : F. 210°.

N-*oxyde de scopolamine.* — Sirupeux; $\alpha_0 = -14°$ (en solution aqueuse). Bromhydrate : F. 153°. (Analyse : trouvé, Br = 19,36 pour 100. Calculé pour $C^{17}H^{21}O^{5}NHBr$: Br = 19,9 pour 100.). Perchlorate : F. 167°. Ether sulfoné, très soluble dans l'eau.

Tous ces éthers N-sulfonés sont isomères, mais nettement différents des éthers O-sulfuriques que Willstätter et Hug (1) ont obtenus par action de SO^4H^2 concentré sur ces alcamines et qui ont pour formule :



CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur de nouvelles bases triazotées : les urées des pyrazolines.* Note de MM. **R. Locquin** et **R. Heilmann**, présentée par M. Moureu.

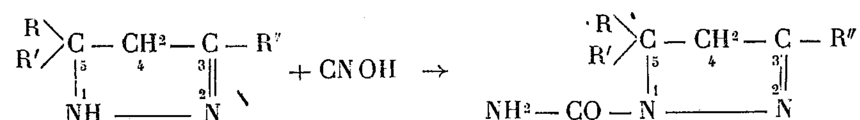
Au cours d'un travail comportant l'étude de quelques pyrazolines, nous avons cherché à caractériser les corps de ce genre par différents composés cristallisés, entre autres par leurs dérivés benzène sulfonés, parabromobenzène sulfonés ainsi que par leurs urées.

---

(1) *Centralbl.*, 1912, p. 840.

A notre connaissance, l'action du cyanate de potassium sur les pyrazolines en milieu acide n'a pas encore été signalée. Nous avons constaté qu'elle s'effectue avec une extrême facilité et avec un rendement intégral en ajoutant peu à peu et à froid un large excès de cyanate de potassium pulvérisé dans une solution *acétique* de la pyrazoline envisagée.

La réaction qui prend naissance peut être représentée par une équation de la forme :



Après un ou deux jours de contact on alcalinise par addition d'une solution concentrée de carbonate de potassium et extrait à l'éther l'*urée* formée, laquelle se dépose généralement à l'état cristallin par simple concentration du solvant.

Les urées ainsi obtenues sont des bases faibles, ordinairement solides et présentant un point de fusion très net, situé, dans tous les cas que nous avons étudiés, entre 110 et 130° C. Très stables à la température ordinaire elles sont susceptibles de distiller dans le vide, presque sans décomposition, et passent alors de 70 à 90° environ au-dessus de la pyrazoline dont elles dérivent. Elles fournissent des picrates parfois bien cristallisés et se dissolvent aisément dans les acides moyennement concentrés avec lesquels elles donnent des sels qu'il est d'ailleurs difficile d'isoler à l'état pur. Enfin, elles sont susceptibles d'être acylées et en particulier réagissent sur le chlorure de benzoyle, en milieu pyridique à la température du bain-marie, pour donner les dérivés dibenzoylés très peu solubles dans l'éther.

Les solutions de soude ou de potasse à 10 pour 100 n'altèrent pas sensiblement ces urées même après plusieurs heures d'ébullition. Par contre, quand on les fait bouillir avec de l'acide chlorhydrique dilué ($d = 1,10$) on en régénère les pyrazolines dont elles dérivent et qu'on peut mettre en liberté par neutralisation de la liqueur acide où elles restent en solution.

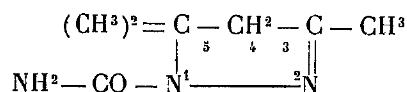
Sous l'action de l'acide azoteux, à la température de 0°, ces mêmes urées sont profondément altérées avec production partielle de la cétone éthylénique à laquelle correspond la pyrazoline fondamentale.

Nous décrivons ci-après quelques-uns des corps obtenus à partir de pyrazolines formées par l'action de l'hydrate d'hydrazine sur des cétones ou aldéhydes α-β non saturées bieu connues. Toutes ces pyrazolines étant très oxydables ont été distillées

dans le vide non pas avec une rentrée d'air, mais avec une rentrée d'azote. La plupart d'entre elles n'ayant pas encore été décrites nous avons profité de la circonstance pour les caractériser par leurs dérivés benzène sulfonés et parabromobenzène sulfonés préparés au sein de la pyridine à la température ordinaire.

1° *Dérivés de la* 3.5.5-*triméthylpyrazoline* $C^6H^{12}N^2$ obtenue à partir de l'oxyde de mésityle.

Quand on dissout cette base ($Eb_{11mm} = 51$ à 52° C.) dans environ 3 fois son poids d'acide acétique et qu'on ajoute à cette solution 2 à 3 molécules de CNOK pulvérisé on la transforme intégralement en l'*urée correspondante*



($Eb_{10mm} = 140$-141°; P. F. = 129°) donnant un *picrate* fondant à 136-137°.

Dissoute dans HCl et additionnée de NO^2Na elle est scindée en oxyde de mésityle et carbamazide $N^3 - CO - NH^2$ fondant à 104° découverte par Thiele et Stange (1).

2° *Dérivés de la* 3-*méthyl*-5-*isopropylpyrazoline* $C^7H^{14}N^2$. Obtenue à partir de l'isobutylidène acétone, cette pyrazoline distille de 75 à 77 sous 11^{mm}. Son *dérivé benzène sulfoné* fond à 109°, mais ce point peut être élevé à 114° après étuvage. Son *dérivé parabromobenzène sulfoné* fond à 134-135°.

Son *urée* $C^8H^{15}ON^3$ ($Eb_{11mm} = 155$-157°; P.F. = 116-117°) donne un *dérivé dibenzoylé*, fondant à 141° et quand on la traite par HCl étendu à l'ébullition on la décompose avec régénération de la pyrazoline initiale.

3° *Dérivés de la* 3-*méthyl*-5-*isobutylpyrazoline* $C^8H^{16}N^2$. — Obtenue à partir de l'isoamylidène acétone, cette pyrazoline bout de 90 à 92° sous 10^{mm}; son *dérivé benzène sulfoné* fond vers 93° mais ce point de fusion s'élève peu à peu jusqu'à 115° par séjour à l'étuve; son *urée* $C^9H^{17}ON^3$ ($Eb_{10mm} = 162$ à 168°; P.F. = 110-111°) donne un *dérivé dibenzoylé* fondant à 128-129°.

Bouillie avec HCl à 20 pour 100, cette urée est décomposée avec régénération de la pyrazoline dont elle provenait.

4° *Dérivés de la* 4-*méthyl*-5-*éthylpyrazoline* $C^6H^{12}N^2$. — Obtenue à partir de l'α-méthyl-β-éthylacroléine, cette pyrazoline bout de 65 à 70° sous 10^{mm}; son *dérivé benzène sulfoné* fond à 118°; son *urée* $C^7H^{13}ON^3$ bout de 155 à 160° sous 11^{mm} et fond à 100-110°.

On remarquera que les urées des pyrazolines ont exactement la même composition centésimale que les semicarbazones normales des cétones ou des aldéhydes α-β non saturées auxquelles correspondent les pyrazolines en question, autrement dit elles sont isomères de ces semicarbazones.

Ainsi, l'urée $\begin{array}{c}(CH^3)^2 = C - CH^2 - C - CH^3 \\ NH^2 - CO - N \text{———} N\end{array}$ fondant à 128° et dérivant de la pyrazoline obtenue à partir de l'oxyde de mésityle possède exactement

(1) THIELE et STANGE, *Liebig's Annal.*, 283, 1894, p. 38.

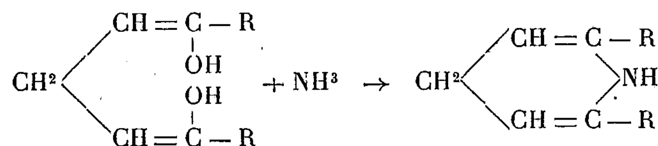
la même composition centésimale $C^7H^{13}ON^3$ que la semicarbazone normale $(CH^3)^2 = C = CH - C(CH^3) = N - NH - CO - NH^2$ fondant à 162-164° et correspondant à cette dernière cétone.

Une comparaison analogue s'applique aux autres cas, mais l'urée de la pyrazoline dérivant de l'oxyde de mésityle présente un intérêt particulier en ce sens qu'elle se trouve être absolument identique à la base en $C^7H^{13}ON^3$ qui, dans différentes circonstances, prend naissance (à côté de la semicarbazone normale) dans les produits de l'action de la semicarbazide sur l'oxyde de mésityle (¹).

L'explication du processus de la formation et la recherche de la constitution de cette base ont suscité de nombreuses expériences et fait couler beaucoup d'encre sans qu'une conclusion définitive s'impose (²). On voit, par la façon dont nous avons facilement préparé ce même composé, qu'on doit le représenter par la formule développée que nous donnons ci-dessus et qu'ainsi se trouve solutionnée une question depuis longtemps controversée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les δ-dicétones acycliques. Transformation en dérivés pyridiques.* Note de M. **E.-E. Blaise** et Mlle **M. Montagne**, présentée par M. Béhal.

On sait que certains corps complexes, possédant la fonction δ-dicétone, sont susceptibles de se transformer en dérivés dihydropyridiques par action de l'ammoniaque (³); et cette transformation se produit même dans le cas où le composé δ-dicétonique est susceptible de se cycliser par perte d'eau en donnant un dérivé à noyau cyclohexénonique. Il était donc particulièrement intéressant d'étudier l'action de l'ammoniaque sur les δ-dicétones acycliques simples dont nous avons donné antérieurement une méthode de préparation. Celles-ci, réagissant sous la forme diénolique, auraient pu former des dialcoyldihydropyridines

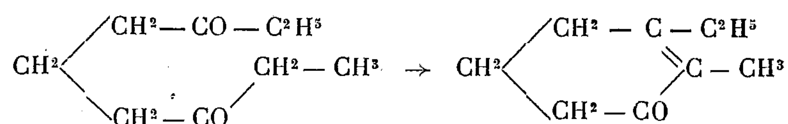


(¹) Scholtz, *D. ch. G.*, 29, 1896, p. 610; Harriès et Kaiser, *Ibid.*, 32, 1899, p. 1338.

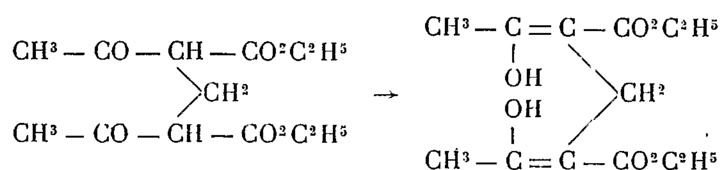
(²) Voir Rupe et Kessler, 42, 1909, p. 4503.

(³) Hantzsch, *Ber.*, 18, 1885, 2585; Engelmann, *Lieb. Ann.*, 231, 1885, 69; Paal et Strasser, *Ber.*, 20, 1887, 2756; Wislicenus, *Lieb. Ann.*, 281, 1887, 95.

Or l'action de l'ammoniaque sur le dipropionylpropane donne exclusivement la méthyléthylcyclohexénone bouillant à 104° sous 17^{mm} :



Dans le cas des δ-dicétones acycliques simples, c'est donc la tendance à la formation de cyclénone qui prédomine de beaucoup. Et si, dans le cas des molécules δ-dicétoniques plus compliquées, on observe la formation de composés dihydropyridiques, cela tient à ce que ces molécules contiennent des groupements électronégatifs qui favorisent l'énolisation de la fonction δ-dicétonique. Ce cas est, par exemple, celui de l'éther méthylène-*bis*-acétylacétique dans lequel les fonctions acides β-cétoniques tendent à provoquer l'énolisation des deux fonctions cétones



Mais il existe une autre méthode permettant de transformer les δ-dicétones en bases pyridiques, c'est celle qui repose sur l'action de l'hydroxylamine sur ces dicétones. Toutefois l'auteur de la méthode ([1]) spécifie qu'elle n'est applicable que dans le cas où les radicaux R et R_1 de la dicétone $R - CO - (CH^2)^3 - CO - R_1$ sont des aryles. Si ce sont des alcoyles il y a formation de dérivés cyclohexénoniques ([2]). Nous avons reconnu qu'en fait cette conclusion est inexacte car les δ-dicétones dialcoylées peuvent être transformées en bases pyridiques par action de l'hydroxylamine avec un rendement satisfaisant. Nos essais ont porté sur le dipropionylpropane $C^2H^5 - CO - (CH^2)^3 - CO - C^2H^5$. Si l'on chauffe cette dicétone avec un excès de chlorhydrate d'hydroxylamine en solution hydro-alcoolique et en tube scellé à des températures comprises entre 115° et 180°, on obtient surtout des produits goudronneux et indistillables ; mais les résultats deviennent bien meilleurs si l'on se contente de maintenir la solution à l'ébullition, à reflux, pendant 6 heures environ. On constate alors la production

---

([1]) KNOEVENAGEL, *Lieb. Ann.*, 281, 1894, p. 34.
([2]) Cf. aussi, WISLICENUS et ses élèves, *Lieb. Ann.*, 302, 1898, p. 235 et 241.

de deux composés : l'un, neutre, n'est autre que l'oxime de la méthyléthylcyclohexénone, cristallisant en aiguilles brillantes fondant à 180°; le second est l'$\alpha\alpha'$-diéthylpyridine, liquide incolore à forte odeur pyridique bouillant à 71-73° sous 17^{mm}.

Les résultats sont meilleurs si l'on transforme d'abord la dicétone en dioxime. Celle-ci fond à 53-54° et traitée à l'ébullition par une solution d'acide chlorhydrique sec dans l'alcool absolu, elle fournit la base pyridique avec un rendement de 60 pour 100 environ; toutefois on observe encore la formation d'une petite quantité de l'oxime de la méthyléthylcyclohexénone.

Le picrate de l'$\alpha\alpha'$-diéthylpyridine cristallise en aiguilles fondant à 115°; le chloroaurate $C^9H^{13}N.HCl.AuCl^3$ fond à 92° et le chloroplatinate $(C^9H^{13}N.HCl)^2PtCl^4$ à 211-212° (fusion instantanée). L'iodométhylate s'obtient aussi sans difficulté et cristallise en aiguilles groupées en rosettes fondant à 142°.

Il résulte de ces faits que l'action de l'hydroxylamine sur les δ-dicétones constitue une méthode d'un caractère général permettant de préparer les bases pyridiques. Quant au mécanisme même de la transformation il paraît encore fort obscur. Sa discussion ne saurait trouver place dans cette Note et nous nous bornerons à dire que la seule interprétation satisfaisante qui se présente à l'esprit conduit, pour les bases pyridiques, au schéma Riedel-Hantzsch et non pas à celui de Körner.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie de la région de Pak Lay (Moyen Laos).* Note de M. R. Bourret.

J'ai consacré l'hiver 1923-1924 à l'étude géologique du pays peu praticable qui comprend la grande boucle du Mékong au sud de Luang Prabang et à l'ouest de Vientiane et qui correspond à la région de Pak Lay (Moyen Laos). Ce pays, peu peuplé et entièrement couvert de forêts, est caractérisé par la prédominance de la direction nord-sud dans le cours des rivières; cette direction est due vraisemblablement à des plis récents à long rayon de courbure superposés à des plis anciens. Le Mékong, par suite de phénomènes de capture, s'est creusé un lit capricieux; il est en voie d'arriver à son profil d'équilibre, il est formé d'une série de biefs séparés par des rapides; quelques-uns de ces biefs servent de niveau de base à des rivières qui ont atteint leur période de sénilité et qui, tout près de leur source, serpentent en d'innombrables méandres avant d'atteindre le Mékong. Des vestiges de

hauts-niveaux permettent de se rendre compte de l'existence d'un changement continu du niveau de base dû probablement à des mouvements épirogéniques. Le pays est formé d'un substratum très plissé recouvert par des terrains horizontaux que le Mékong et ses affluents ont suffisamment arrasés pour mettre à nu, dans les points bas de la vallée, le substratum plissé. L'épaisseur des terrains creusés par le Mékong a pu atteindre 2000^m.

Les éléments stratigraphiques sont les suivants de haut en bas :

Alluvions anciennes et récentes, terrasses, cailloutis, sables et argiles, brèches et poudingues, latérite alluviale, bancs de sable du Mékong.

Grès supérieurs. — Ces grès non datés atteignent 2000^m d'épaisseur; ils reposent sur le Terrain rouge (Trias moyen). Ils n'ont fourni aucun fossile et rien ne permet de se rendre compte de la durée de leur dépôt. Ils ne sont pas plissés, mais à peine ondulés, et occupent toutes les parties hautes de la région de Pak Lay.

Terrain rouge. — Ce terrain est composé de grès très fins argilo-calcaires avec bancs plus calcaires, et de masses importantes de poudingues; ils n'ont pas fourni de fossiles dans la région de Pak Lay, mais, près de Luang Prabang, M. Counillon y a récolté un crâne de Dicynodon du Trias moyen.

Ce terrain est à peine un peu plus ondulé que les grès supérieurs; il correspond à des dépôts continentaux et contient du sel.

Coulées éruptives permotriasiques. — Ces coulées, souvent horizontales, parfois un peu ondulées, sont surtout formées d'andésites et de tufs d'andésites contenant parfois des débris de calcaire à fusulinidés; les andésites sont traversées par des dykes de rhyolites, et plus rarement recouvertes par des coulées rhyolitiques; les rhyolites renferment souvent des inclusions d'andésites; rhyolites et andésites se trouvent en galets dans le Terrain rouge.

Ouralien. — L'Ouralien est représenté par des calcaires massifs, et des phtanites avec foraminifères parmi lesquels se trouvent souvent des fusulinidés; des débris d'encrines, de bryozoaires, de brachiopodes sont fréquents; ces calcaires sont excessivement plissés en plis verticaux nord-sud et souvent un peu métamorphisés.

Terrains antéouraliens. — Ces terrains, schistes, lydiennes et grès, avec quelques calcschistes, sont particulièrement laminés et plissés en plis serrés de direction N-S; ils sont souvent métamorphisés. Ils n'ont fourni nulle part aucun fossile.

Granites. — Les roches éruptives grenues sont des granodiorites à amphibole; ils ne sont pas écrasés et ont métamorphisé l'Ouralien et peut-être les andésites, à l'exclusion du Trias et des terrains supérieurs. On peut admettre qu'ils sont en relation avec les coulées rhyolitiques, c'est-à-dire de la fin du Permien ou du début du Trias.

Le substratum paléozoïque est très plissé, en plis de direction N-S avec tendance à un déversement vers l'Ouest. Le plissement a eu son maximum d'intensité à la fin de l'Ouralien, mais s'est continué bien au delà. Les plis du substratum de la région de Pak Lay sont donc des plis hercyniens. Vers la fin de la période intense de plissement, des fractures,

qui paraissent être également dirigées N-S, ont permis à des laves de s'épancher à la surface en quantités considérables. Les coulées, d'abord andésitiques, sont devenues plus acides à la fin de la période des éruptions qui correspond au Permien.

A la suite des éruptions se sont formés les dépôts continentaux oxydés du Terrain rouge, puis des grès quartzites, qui paraissent avoir enseveli sous leurs masses horizontales en pays incomplètement nivelé; il existait à cette époque des vallées avec massifs de calcaires ouraliens plissés restés en saillie, et les dépôts du Terrain rouge se sont effectués horizontalement autour d'eux. L'épaisseur des grès paraît due à un enfoncement lent du continent (enfoncement qui doit intéresser toute l'Indochine du Sud). Le creusement des vallées actuelles et le déblaiement des vallées anciennes paraissent dus au contraire à une surrection lente du même continent, surrection accompagnée ou précédée d'un plissement très faible, surimposé aux plis hercyniens, et dont on peut chercher l'origine dans les mouvements himalayens qui ont provoqué les charriages caractéristiques du nord de l'Indochine. Les charriages eux-mêmes ne semblent pas avoir affecté la région de Pak Lay qui fait partie du môle de l'Indochine du Sud.

L'effort tangentiel a été la cause de plis à très grand rayon de courbure. Dans la région de Pak Lay l'espace compris entre la chaîne frontière à l'Ouest et le Pou Phan à l'Est correspond à une seule grande aire anticlinale complexe, entre des aires synclinales occupées par les grès de la chaîne frontière et par ceux de la région de Vientiane; cette aire anticlinale est divisée par des anticlinaux moins importants.

Roches de la région de Pak Lay. — Je ne citerai que des granites monzonitiques, des monzonites. des microdiorites quartziques et des micromonzonites, et surtout des andésites et des rhyolites. Parmi les roches sédimentaires je noterai des grès à éléments éruptifs et ciment calcaire.

LITHOLOGIE. — *Sur quelques roches filoniennes curieuses des environs de Mestigmer (Maroc).* Note de M. **L. Duparc.**

En parcourant les environs de Mestigmer, j'ai trouvé des roches filoniennes qui me paraissent mériter quelque intérêt. Les filons ont été rencontrés au kilomètre 76 à partir d'Oujda, dans une colline assez étendue, qui se trouve au sud de la route. Cette colline est entièrement formée par des quartzites blancs, à grain très fin, en bancs bien lités,

dirigés O 20° N et plongeant vers le sud d'angles variables. Au microscope, ces quartzites sont formées par des petits grains de quartz arrondis, associés à des produits ferrugineux opaques. En montant depuis la route sur la colline en question, on trouve bientôt un gros filon de 10 à 15^m d'épaisseur d'une roche éruptive basique, cristalline, noirâtre, et d'aspect basaltique. Au microscope, elle correspond à un lamprophyre à deux temps de consolidation, euphyrique, dont les phénocristaux sont exclusivement représentés par de l'augite et de la biotite.

L'*augite*, très abondante, renferme en inclusions des prismes hexagonaux d'apatite, qui se trouvent d'ailleurs partout, dans la biotite comme dans la pâte. L'augite prédominante présente ordinairement les formes (110), (010), (100) puis (111); elle est allongée selon $m(110)$ et aplatie selon (100); les macles suivant $h^1(100)$ sont rares. En lames minces elle est incolore ou légèrement violacée, souvent zonée. Le plan des axes optiques est dans $g^1(010)$, la bissectrice aiguë est positive; l'extinction de n_g dans $g^1(010)$ est 40°, les biréfringences : $n_g - n_p = 0{,}026$, $n_g - n_m = 0{,}021$, $n_m - n_p = 0{,}006$ (mesure directe), $2V = 57°$. La *biotite* accompagne l'augite; elle est postérieure à celle-ci, qu'elle moule et empâte complètement, elle est uniaxe, négative, très polychroïque, avec n_g = brun rougeâtre foncé, n_p = brun rougeâtre très pâle. Sa biréfringence $n_g - n_p = 0{,}044$. Elle renferme des inclusions d'apatite très nombreuses.

La pâte, réduite par rapport aux phénocristaux, renferme de très nombreux octaèdres de magnétite, des gros grains et prismes d'augite identiques à celle des phénocristaux, et de nombreuses aiguilles d'apatite. Ces divers éléments sont réunis par une matière amorphe peu abondante, de couleur brunâtre, et isotrope. Il est à remarquer que dans cette roche les éléments saliques font complètement défaut, aussi bien dans la pâte que dans les phénocristaux.

Le filon dont il vient d'être question n'est pas seul de son espèce; à une faible distance de son affleurement, et un peu plus à l'Ouest, on trouve sur les pentes de très nombreux cailloux qui proviennent de filons analogues situés au-dessus. Mais ici, à côté de la roche lamprophyrique dont il vient d'être question, on trouve d'autres roches d'apparence dioritique, dont l'élément blanc est toujours fortement altéré, et qui renferment en abondance des cristaux allongés d'augite mesurant jusqu'à 1^{cm} au microscope, cette roche est holocristalline, et renferme les minéraux suivants dans l'ordre de leur consolidation : *Apatite* en grosses aiguilles hexagonales, très abondantes, incluses indifféremment dans l'élément blanc ou noir. *Sphène*

en cristaux relativement gros, mesurant jusqu'à $0^{mm},6$, sur lesquels on peut reconnaître les profils (100), (001) et (102); extinction dans g^1 (110) à 39°; 2V autour de 30°. *Augite* formant de beaucoup l'élément noir principal; les cristaux sont allongés suivant $m = (110)$, et aplatis selon h^1 (100), elle présente les profils ordinaires aux augites titanifères des limburgites. La disposition zonée est la règle, les zones externes sont généralement plus colorées que le centre, la forme en sablier est fréquente.

Les propriétés optiques du minéral correspondent à celles de l'ægyrine-augite. Plan des axes dans g^1(010), signe optique positif; extinction de n_g dans g^1 (010) = 56°-57°; $n_g - n_p = 0{,}028$; $n_g - n_m = 0{,}0197$; $n_m - n_p = 0{,}008$ (compensateur), 2V = 65°. Polychroïsme appréciable (n_g = jaune brunâtre, n_m = brun violacé, n_p brun violacé plus foncé). *Biotite* plus rare que l'augite, et la moulant partout. Elle est uniaxe, avec polychroïsme ordinaire dans les tons rouge brun. *Ægyrine;* elle entoure fréquemment d'un mince liséré ou d'un capuchon les cristaux d'augite, mais se trouve aussi en petits prismes très allongés dispersés parmi l'élément blanc. Ces prismes sont de couleur vert foncé, leur centre reste souvent brunâtre. L'ægyrine s'éteint à 4°-5° de son allongement négatif, $n_g - n_p = 0{,}066$; polychroïsme très intense, n_g = vert jaunâtre, n_p = vert très foncé. L'élément blanc est complètement décomposé, et transformé en une masse grisâtre d'aspect kaolinique. On distingue cependant certains contours nettement rectangulaires, d'autres franchement hexagonaux. Par place, on trouve encore quelques bribes du minéral plus frais. Sur les sections toujours obscures p(0001), on voit une croix noire très floue, le signe optique est positif. D'autre part, les sections rectangulaires qui s'éteignent parallèlement à l'allongement, ont un allongement de signe positif. La biréfringence $n_g - n_p$ paraît faible, et ne doit guère dépasser 0,005. Sur les bords de la préparation on a observé que n_g comme n_p sont inférieurs à l'indice du baume. Une attaque faite par l'acide chlorhydrique concentré a montré que le minéral était attaqué. Ce minéral appartient au groupe de la néphéline dont il a tous les caractères, sauf le signe optique.

Cette roche paraît en relation avec les lamprophyres étudiés ci-dessus, car on trouve dans les éboulis des fragments montrant le contact des deux roches.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un cas de foudroiement.*
Note [1] de M. E. VANDER LINDEN.

Dans toutes les statistiques d'arbres foudroyés, on remarque une prédominance notable d'essences dont les sujets adultes portent un rhytidome épais et profondément fendillé, tels les peupliers, les chênes, les ormes, les pins. Par contre, les espèces à tronc plus uni, plus lisse, comme les hêtres, les bouleaux, les platanes, les érables, les cerisiers y sont peu représentées. L'étude des foudroiements d'arbres en Belgique a aussi fait ressortir cette particularité [2]. En outre, les effets disruptifs de la décharge ne s'observent ordinairement que sur la partie du tronc recouverte de cette carapace rugueuse. Les observateurs en ont conclu le plus généralement, qu'il existe une fulguration élective due à des causes diverses. Nous avons autrefois émis des doutes sur cette hypothèse, et supposé que la fulguration n'est élective qu'en apparence [3]. Les espèces, apparemment plus souvent frappées, seraient celles sur lesquelles la décharge produirait des effets mécaniques visibles, en raison de la surface inégale du tronc et de la faible conductibilité du rhytidome. Les troncs lisses pourraient par contre essuyer une décharge sans en porter des traces, le courant pouvant passer plus librement sur leur surface. Nous eûmes, dans la suite, l'occasion de signaler, en faveur de cette opinion, le cas d'un jeune homme foudroyé, alors qu'il se tenait adossé à un marronnier à tronc lisse. L'arbre lui-même ne portait aucune trace de fulguration, sauf deux feuilles roussies par l'étincelle [4].

Un nouveau cas analogue étant arrivé à notre connaissance, nous avons cru utile de le signaler. Le 5 mai dernier, un gendarme, qui s'était mis à l'abri sous un hêtre, fut foudroyé près de Tongres. Voici les renseignements complémentaires qu'a bien voulu nous fournir, sur cet accident, le commandant Cromeecke :

Le hêtre sous lequel la victime se tenait, a à 1^m du sol une circonférence de $1^m,93$ et se trouve dans une double rangée d'arbres de même essence, croissant sur un talus

---

(1) Séance du 25 mai 1925.

(2) E. VANDER LINDEN, *Étude sur les foudroiements d'arbres constatés en Belgique* (*Annales météor. de l'Observ. royal de Belgique*, 20, 1907).

(3) *Op. cit.* et *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 21, 1906, p. 153.

(4) *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 34, 1906, p. 106 et suiv.

le long d'un chemin. L'arbre en question, au tronc bien lisse, ne porte aucune trace de foudroiement, sauf quelques feuilles roussies. L'homme frappé était à 15cm du tronc en raison de l'eau qui en découlait. La décharge a atteint tout d'abord la visière du képi de la victime et brûla ensuite le corps. Quatre autres hêtres de la même rangée, et distants l'un de l'autre de 5m ont aussi quelques feuilles roussies. Un autre gendarme abrité sous un hêtre de la seconde rangée, placée en contre-bas, à 5m de distance vis-à-vis de la victime, est resté indemne.

Ce cas montre donc, une fois de plus, que la foudre peut, en quelque sorte, glisser sur un tronc d'arbre sans l'entamer, à condition qu'il ne présente pas de grandes aspérités.

BOTANIQUE. — *Sur la phytostérine des écailles des bulbes dans les espèces du genre* Lilium. Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

Dans deux Notes précédentes (6 octobre et 10 novembre 1924), j'ai montré la présence, dans les cellules épidermiques des écailles bulbaires du *Lilium candidum*, de deux sortes de phytostérine (*liliostérine*). L'une est produite, sous divers aspects morphologiques, par ces vacuoles très particulières, de bonne heure individualisées, revêtues d'une membrane plasmique avec laquelle elles deviennent libres au sein de la cellule, et auxquelles j'ai cru devoir donner le nom de *stérinoplastes;* cette phytostérine est douée d'une biréfringence *négative*. L'autre est une phytostérine générale qui, sous certaines influences telles que la dessiccation, le gel, les blessures, se dépose en blocs concrétionnés remplissant parfois complètement la cellule; elle est douée d'une biréfringence *positive*.

Dans la présente Note, j'étends mes observations sur le genre *Lilium* en général.

J'ai pu examiner les espèces suivantes : *auratum* Lindl., *Bolanderi* Wats, *canadense* L., *chalcedonicum* L., *colchicum* (*monadelphum* Bieb.), *croceum* Chaix, *Davidi* Duch., *Humboldtii* Roezl et Leichtl, *Hansoni* Leichtl, *Grayi* Wats, *lancifolium* Thunb., *Martagon* L., *Parryi* Wats, *parvum* Kellog, *pardalinum* Kellog, *philadelphicum* L., *pyrenaicum* (*aureum* et *rubrum*) Gouan, *speciosum* Thunb., *superbum* L., *Thunbergianum* Schultt., *tigrinum* Gawl.

Dans aucune de ces espèces on n'observe de stérinoplastes. Ces sortes d'organites semblent n'appartenir qu'au seul *Lilium candidum* qui déjà se montre, parmi le genre, comme un type bien tranché par certains de ses caractères morphologiques et, notamment, par son mode bien spécial de végétation hivernale.

Par contre la phytostérine concrétionnée, à biréfringence positive, est très répandue dans le genre *Lilium* et semble y être générale. Cette stérine positive, répandue dans toutes les espèces, et qui ne coexiste avec les stérinoplastes que

dans le *L. candidum*, semble donc bien, dans cette dernière espèce même, être sans relation avec les stérinoplastes. Cette stérine est contenue, en dissolution, dans l'appareil vacuolaire général des cellules épidermiques et s'y dépose, souvent en grande abondance et dans les conditions que j'ai décrites, en blocs concrétionnés de formes extrêmement variées; elle est présente d'assez bonne heure et, dans les épidermes d'écailles fraîches, où le dépôt concrétionné solide n'est pas encore effectué, on peut souvent le provoquer artificiellement, notamment sous l'action ménagée de l'eau chaude. Ces blocs de toutes formes se résolvent en minces couches concentriques légèrement séparées, ce qui, en coupe optique, donne l'aspect de cette structure fibrillaire concentrique que j'ai décrite à propos du Lis blanc; cette structure fibrillaire se présente normalement ou bien il est facile de la mettre artificiellement en lumière.

Parmi les espèces énumérées ci-dessus, je citerai, comme se prêtant le mieux à cette étude de la liliostérine vacuolaire générale positive, les *L. chalcedonicum*, *superbum*, *Bolanderi*, *pyrenaicum*, *Hansoni*, *Humblodtii*, *croceum*, *Davidi*, *Martagon*.

Le *L. Martagon* mérite une mention spéciale. La liliostérine se dépose souvent en blocs plus ou moins sphériques, parfois d'assez grosses tailles, dont quelques-uns montrent leur structure fibrillaire concentrique; d'autres, ne la montrant pas encore, sont alors beaucoup plus réfringents et doués de belles teintes propres d'interférences sous les nicols croisés. Traitées par la glycérine, ces sphères, d'aspect primitivement amorphe, se montrent instantanément avec une structure radiocristalline à cristaux assez larges, puis, lentement, ces radiocristaux se résolvent, de la périphérie au centre, en la structure fibrillaire concentrique.

La production de cette stérine vacuolaire générale augmente avec l'âge des écailles et arrive à son maximum au moment de leur dessiccation ou de leur flétrissement, dans les circonstances naturelles ou artificielles, au point que, seule, cette substance, à l'état concrétionné, finit par remplir les cellules épidermiques lorsqu'elles sont mortes. La dessiccation d'une écaille, artificiellement isolée d'un bulbe, demande de longs mois pendant lesquels elle se vide progressivement de ses réserves pour le développement des bulbilles formés sur la cicatrice. Dans les conditions naturelles, dans le sol, l'infestation des écailles par les microorganismes est rare et se borne à l'attaque partielle et superficielle par quelques filaments fongiques.

Dans les bulbes des Lis, la phystostérine ne semble donc pas avoir un rôle de réserve alimentaire, mais plutôt un rôle de défense; elle semble aussi protéger les écailles contre une trop rapide dessiccation. Notons que les nombreuses recherches dont la cholestérine animale a été l'objet au cours de ces dernières années tendent à prouver que cette substance joue aussi dans l'organisme un rôle de défense antiinfectieux; sa propriété hydrophile a été également mise en lumière.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence du loroglossoside (loroglossine) dans le* Listera ovata *R. Br. et l'*Epipactis palustris *Crantz et sur quelques nouvelles réactions de ce glucoside*. Note de MM. **C. Charaux** et **P. Delauney**, présentée par M. L. Guignard.

L'un de nous [1] a montré que le loroglossoside (loroglossine) est très largement répandu parmi nos Orchidées indigènes, puisqu'il a été caractérisé dans 21 espèces appartenant à cette famille.

Le *Listera ovata* R. Br. et l'*Epipactis palustris* Crantz en renferment également, comme on le verra dans cette Note.

Le glucoside a été isolé à l'état cristallisé et pur des racines de ces deux espèces par le procédé suivant :

La racine desséchée et pulvérisée a été traitée par l'alcool à 95° froid et l'extrait alcoolique repris par l'eau. On a épuisé la solution à l'éther et on l'a concentrée en un sirop épais qui s'est pris rapidement en une masse cristalline. Les cristaux ont été redissous dant une très petite quantité d'eau et obtenus ainsi sensiblement incolores.

Après deux nouvelles cristallisations dans l'acétone anhydre contenant un dixième de son volume d'alcool absolu, le pouvoir rotatoire du produit isolé du *Listera ovata* R. Br. était de :

$$[\alpha]_D = -41°,93 \qquad (p = 0,1073;\quad v = 10;\quad l = 2;\quad \alpha = -54').$$

5^{cm^3} de solution glucosidique à $1^g,073$ pour 100^{cm^3} additionnés de 5^{cm^3} d'acide sulfurique à 5^g pour 100^{cm^3} ont été maintenus à l'autoclave à $+110°$ pendant deux heures. L'hydrolyse a provoqué le dépôt d'une petite quantité de matière rougeâtre résinoïde. La déviation du liquide a passé de $-27'$ à $+18'$ et il s'est formé $0^g,255$ de glucose pour 100^{cm^3}. (Retour observé 45'; retour calculé pour le loroglossoside 43'.)

Les rendements en glucoside, obtenus par le procédé ci-dessus, varient beaucoup suivant l'époque à laquelle on récolte les racines. C'est ainsi que, pour le *Listera ovata* R. Br., le rendement le plus élevé, $0^g,77$ pour 100 de racine sèche, a été atteint au moment où les feuilles de la plante commencent à apparaître (fin mars). Vers le milieu d'avril, il a déjà été moindre ($0^g,50$ pour 100). Enfin en mai, pendant la floraison et après, les extraits n'ont plus laissé déposer de cristaux. De même pour l'*Epipactis*

---

(1) P. Delauney, *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 435; **172**, 1921, p. 471; **176**, 1923, p. 598; **180**, 1925, p. 224. — *Contribution à l'étude des glucosides de la famille des Orchidées* [*Thèse de Doctorat universitaire* (*Pharmacie*), Paris, 1924].

palustris Crantz, on n'a pu obtenir de cristaux qu'avec les racines récoltées au début de la végétation et avant le développement des tiges florales.

D'autre part en faisant subir aux parties aériennes de *Listera ovata* R. Br., cueillies au moment de la floraison, la série de traitements décrite dans une récente Communication ([1]) et qui consiste à faire agir l'émulsine sur un extrait purifié, on a pu isoler de cette espèce un produit cristallisé, soluble dans l'éther et présentant les réactions du loroglossigénol (loroglossigénine) : solubilité dans la lessive de soude diluée, coloration rouge framboise par l'acide sulfurique concentré à froid.

Nouvelles réactions du loroglossoside. — Le mélange d'acide sulfurique et de bichromate de potassium donne une coloration rouge qui, au bout de quelques instants, devient jaunâtre en même temps qu'il se développe une odeur prononcée rappelant très nettement celle de l'acide valérianique.

Le réactif de Fröhde donne d'abord une coloration violet bleu passant au violet rouge, puis au rouge.

L'acide azotique à froid dissout les cristaux sans coloration; en chauffant, il se dégage des vapeurs nitreuses. Si l'on ajoute ensuite au produit de la réaction un excès de potasse, il se produit une coloration jaune d'or intense.

BOTANIQUE. — *Le phénomène de* cytomixis *dans les microsporocytes du* Podophyllum peltatum *L.* Note ([2]) de M. R. DE LITARDIÈRE, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'expulsion de substance chromosomique — et parfois aussi nucléolaire — hors du noyau des microsporocytes (expulsion qui se produit surtout pendant la période synaptique), puis son passage à travers la membrane cellulaire dans le cytoplasme de la cellule voisine, est un phénomène très curieux qui a déjà attiré l'attention d'un certain nombre de cytologistes; découvert en 1902 par Kœrnicke chez le *Crocus vernus*, il a été retrouvé par la suite chez plusieurs autres plantes et a surtout été bien étudié par Mlle Digby (1909, *Galtonia candicans*), Gates (1911, *Œnothera biennis* et *gigas*), West et Lechmere (1915, *Lilium candidum*), Gates et Rees (1921, diverses espèces de *Lactuca*), Sinoto (1921, *Iris japonica*). *Gates* (1911) a donné au phénomène le nom de *cytomixis*.

A ma connaissance, aucun auteur n'a encore signalé le processus de

([1]) *Loc. cit.*
([2]) Séance du 25 mai 1925.

cytomixis chez le *Podophyllum peltatum*. Dans un certain nombre de microsporocytes, durant le synapsis, on remarque à l'intérieur de la cavité nucléaire, au voisinage de la masse synaptique, de petits corpuscules très sidérophiles, ordinairement plus ou moins arrondis ou ovalaires; assez souvent libres, ils se montrent cependant, dans certains cas, comme une gouttelette terminant un filament émergeant ou bien encore sont reliés à la masse par un tractus très pâle. Ces corpuscules sont identiques aux *chromatin bodies* décrits par Mlle Digby, West et Lechmere, en particulier.

Ultérieurement, ces corpuscules pénètrent dans le cytoplasme du sporocyte adjacent : certains sont à cheval sur la membrane ou en son voisinage immédiat et se montrent encore réunis à la masse synaptique d'où ils proviennent par un tractus plus ou moins accentué; d'autres sont déjà disséminés dans le cytoplasme. Ils sont plus ou moins arrondis ou ovalaires, quelquefois pyriformes ou de contours un peu irréguliers; ils prennent toujours très fortement l'hématoxyline ferrique et présentent une structure homogène; je n'ai jamais, en effet, remarqué un aspect granuleux comme l'a décrit Mlle Digby pour certains corps chromatiques du *Galtonia candicans*. Leur dimension est variable (leur diamètre n'excède cependant pas 3^{μ}), de même leur nombre (j'en ai compté jusqu'à 18 dans une cellule). Faute de matériel suffisant, je n'ai pu suivre leur évolution ultérieure.

Contrairement aux observations de Mlle Digby et de Sinoto, en particulier, le nucléole ne paraît pas, chez le *Podophyllum peltatum*, participer au phénomène de *cytomixis*.

La cause de l'expulsion de corps chromatiques durant la prophase hétérotypique est un des points des plus controversés et a donné lieu à diverses interprétations. Pour West et Lechmere et aussi Campin (1925), il s'agirait d'un *processus normal;* ce paraît bien être là aussi l'opinion de Mlle Digby. West et Lechmere pensent que les recherches futures démontreront la généralité de ce processus chez les végétaux; ce serait une excrétion de produits de déchet du noyau à un moment où son métabolisme est sujet à des changements subits et profonds, une sorte d'épuration nucléaire. Selon Kœrnicke, l'expulsion serait le résultat d'une condition physiologique anormale au moment de la fixation; Rosenberg et Sinoto sont d'avis qu'il s'agit d'un artefact dû à l'action des fixateurs; enfin Gregory voit là le prélude d'une dégénérescence ultérieure des cellules mères.

D'après mes observations sur le *Podophyllum peltatum*, il me semble certain que l'expulsion chromatique — tout au moins chez cette plante — n'est

pas un processus normal, car beaucoup de noyaux restent intacts : elle paraît *localisée à certains sacs polliniques*. Je ferai remarquer encore que si le processus devait être considéré comme normal, on le rencontrerait chez toutes les espèces, et bien faible est le nombre où a été signalée semblable évolution, en comparaison de la multitude de types dont on a étudié la prophase hétérotypique. Pour ma part, je n'ai pas observé d'expulsions nucléaires chez les *Ranunculus repens* et *Mercurialis perennis*.

L'effet nocif du fixateur ne peut être incriminé, car il agirait différemment suivant les sacs polliniques envisagés, surtout si ces sacs se trouvent situés dans une même zone d'action du liquide. Néanmoins il est possible que certains fixateurs défectueux puissent exagérer le phénomène, amenant un gonflement des corps chromatiques par exemple.

A mon avis, tout porte à croire que l'expulsion des corps chromatiques qui se produit chez le *Podophyllum* (et sans doute aussi chez d'autres plantes, surtout en culture où fréquemment un certain nombre de grains de pollen avortent) est un *signe de dégénérescence des noyaux*, bien que ceux-ci puissent présenter encore par la suite, et assez longtemps, des aspects paraissant normaux. Le phénomène qui se passe au synapsis dans ces cas n'est pas sans analogie avec les particularités que j'ai signalées [1] dans les racines de certaines Polypodiacées (*Dryopteris spinulosa* subsp. *dilatata*, *D. Filix mas*, *Woodwardia radicans*, entre autres). Chez ces plantes, les noyaux de la zone de grand allongement montrent de nombreux corpuscules chromatiques (parfois vacuolisés) et assez volumineux, formés à partir des filaments chromosomiques, corpuscules qui, lorsque les noyaux se divisent, *sont rejetés dans le cytoplasme*. Ces formations caryosomiques se rencontrent presque exclusivement dans les noyaux âgés.

CHIMIE AGRICOLE. — *Échange de l'ion aluminium des sols de divers types contre l'ion potassium d'un sel neutre.* Note de M. **Ladislas Smolik**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Nous avons déterminé la quantité de l'ion aluminium échangeable, dans des sols de divers types tels que les podsols [2], les redzinas [3] et les

(1) *La Cellule*, 31, 2e fascicule, 1921, p. 403.

(2) Podsols, sols lavés par les eaux fluviales de telle manière que des sels et des particules colloïdales des couches superficielles ont été transportés dans le sous-sol; les couches superficielles sont alors appauvries en divers éléments.

(3) Redzinas, sols calcifères (marneux, calcaires, dolomitiques).

tchernosems lessivés, contre l'ion potassium du chlorure de potassium. Cet aluminium échangeable est un critérium très important pour juger de la qualité du sol. Les sols qui ont un rapport convenable ([1]) entre la silice, l'alumine et les bases n'échangent pas de Al contre l'ion potassium d'un sel neutre. Au contraire dans les sols appauvris en bases (par exemple par la désagrégation due à l'eau) la liaison aluminée est variable dans les alumino-silicates et tantôt l'alumine est mise en liberté, tantôt l'aluminium devient échangeable contre l'ion potassium du chlorure de ce cation. Dans ces derniers sols, il se produit une altération de l'état physique et des propriétés chimiques.

30^{g} de terre sont mécaniquement agités avec 100$^{cm^3}$ d'une solution normale de KCl pendant une heure et dans le filtrat on dose Al^2O^3. Un autre échantillon de la terre est agité avec 100$^{cm^3}$ d'eau distillée et dans le filtrat on détermine également Al^2O^3. La différence des deux résultats est prise comme alumine échangeable.

Nous allons donner quelques résultats :

A. *Aluminium échangé dans les sols du type podsol* (la plupart des sols moraves appartiennent à ce type) : 1° *Sol forestier d'Adamov.* — Podsol proprement dit sur limon (sédimenté après transport par les eaux), dans le calcaire dévonien d'une vallée couverte de futaie d'épicea. Altitude 480^{m}; condensations aqueuses atmosphériques annuelles : 616^{mm}.

	Profondeur en centimètres.	Al^2O^3 échangeable (en mg pour 100^{g} de terre séchée).	Acidité en P_H avec sol de KCl.	Acidité en P_H avec eau ([3]).	Hygroscopicité pour 100.
A_0 ([2])..	0-3	153	5,40	5,90	10,72
A_1.....	3-17	229	4,51	6,30	4,28
A_2.....	17-34	traces	6,10	6,90	3,67
B_1.....	34-60	165	6,32	7,11	6,01
B_2.....	60-85	148	6,33	7,11	8,10

2° *Sol forestier des environs de Ždár.* — Podsol proprement dit, sur limon

([1]) $3^{mol}SiO^2$, $1^{mol}Al^2O^3$, 1^{mol} bases; voir R. Gansen, *Comptes rendus de la Conférence extraordinaire agropédologique à Prague*, 1922, p. 209.

([2]) D'après Glinka, A_0, A_1, A_2 désignent les couches superficielles des podsols, appauvries en divers éléments; B_1, B_2 désignent les couches du sous-sol enrichies en sels et particules colloïdales aux dépens du sol; C désigne la roche mère.

([3]) « avec eau », acidité déterminée dans l'extrait aqueux du sol; « avec solution de KCl », acidité déterminée au moyen de la solution normale de KCl.

sableux friable dans le gneiss sur une colline couverte de futaie d'épicea et de vaccinium myrtillus, altitude 580m; condensations aqueuses atmosphériques annuelles 700mm.

	Profondeur en centimètres.	Al^2O^3 échangeable (en mg pour 100g de terre séchée).	Acidité en PH avec sol de K Cl.	Acidité en PH avec eau.	Hygroscopicité pour 100.
A_0....	0- 15	66,7	3,70	4,90	12,29
A_1....	15- 45	42,2	4,41	6,10	4,81
B.....	45- 55	61,6	4,52	6,10	6,38
C.....	55-100	22,2	4,52	6,13	4,06

3° Autre coupe dans le même terrain, mais la futaie d'épicea sans vaccinium myrtillus.

	Profondeur en centimètres.	Al^2O^3 échangeable (en mg pour 100g de terre séchée).	Acidité en PH avec sol de K Cl.	Acidité en PH avec eau.	Hygroscopicité pour 100.
A_0....	0- 10	51,1	3,70	4,90	11,94
A_1....	10- 25	27,7	4,50	6,10	3,04
B.....	25- 70	95,5	4,51	6,10	8,27
C.....	70-100	21,1	4,80	6,12	3,90

Chez un grand nombre de sols du type podsol, tant forestiers qu'arables, nous avons trouvé l'aluminium échangeable dans toutes les couches. Le maximum de cette forme de l'aluminium était ordinairement dans la couche B; les exceptions étaient rares (voir le sol d'Adamov).

B. *Aluminium échangé dans les sols du type redzina et du type tchernosem:*

1° Redzina typique noire sur marne, aux environs de la ville de Brno. Altitude 205m; condensations aqueuses annuelles atmosphériques 534mm.

	Profondeur en centimètres.	Al^2O^3 échangeable (en mg pour 100g de terre séchée).	Acidité en PH avec sol de K Cl.	Acidité en PH avec eau.	Hygroscopicité pour 100.
A_0....	0- 15	0,00	7,00	7,10	15,48
A_1....	7- 30	0,00	7,10	7,10	15,28
A_2....	30- 60	0,00	7,10	7,00	14,79
B_1....	60-150	0,00	7,10	7,00	13,61
B_2....	150-170	0,00	7,10	7,00	22,52

2° Comme exemple de sol du type tchernosem, nous citerons le sol de Hulín dont la roche mère est le loess. Altitude 200m; condensations aqueuses atmosphériques annuelles 585mm.

	Profondeur en centimètres.	Al^2O^3 échangeable (en mg pour 100g de terre séchée).	Acidité en PH avec sol de K Cl.	avec eau.	Hygroscopicité pour 100.
A_0....	10- 20	0,00	7,00	7,30	5,28
A_1....	20- 40	0,00	7,00	7,10	5,93
A_2....	40- 70	0,00	7,00	7,10	5,75
B.....	70-100	0,00	7,00	7,00	6,25
C.....	100-310	0,00	7,00	7,30	6,02

Dans les sols du type redzina et du type tchernosem, nous n'avons pas trouvé d'aluminium échangé contre le potassium du chlorure de potassium.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la concentration en ions hydrogène dans le tissu des graines.* Note de M. **Antonin Nemec**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

L'acidité du sol représente un des facteurs les plus importants de l'accroissement des plantes. Des recherches récentes d'Arrhenius (1), de Olsén (2) et d'autres, il ressort que les plantes des grandes cultures agricoles et des prairies montrent des exigences spécifiques quant à la réaction du sol. Il est intéressant de remarquer aussi que, sous le rapport de la concentration en ions hydrogène des sucs de racines, on constate, d'après les études de Kappen (3), chez les diverses espèces végétales, des différences notables. Il est vrai que, selon Stoklasa (4), la concentration en ions hydrogène dans la sève des racines ne varie presque pas d'une plante à l'autre; mais les résultats de ses recherches ne concordent pas avec ceux, obtenus par d'autres savants, qui ont montré une acidité élevée dans le suc des légumineuses, du sarrasin et du maïs.

Dans la présente étude, j'ai voulu voir s'il serait possible de constater des différences particulières dans la réaction des tissus de graines. A cette fin, j'ai déterminé la concentration en ions hydrogène dans l'extrait aqueux, que j'ai obtenu en mélangeant 5g de farine de graines avec 100cm³ d'eau distillée et 2g de toluène et en filtrant après 48 heures du séjour à l'étuve à 27°C.

(1) O. Arrhenius, *Zeitschr. Pflanzenernaehr. u. Düng.*, 4, 1924, p. 30.
(2) C. Olsén, *Comptes rendus du Labor. Carlsberg*, 15, 1923, p. 1.
(3) H. Kappen, *Landw. Versuchsstationen*, 91, 1918, p. 1.
(4) J. Stoklasa, *Comptes rendus Ac. d'Agric.*, 10, 1924, p. 833.

Les résultats de ces expériences sont réunis dans le tableau suivant :

Graines.	PH.	Graines.	PH.
Panicum italicum	4,2	*Triticum sativum*	5,6
Plantago media	4,2	*Lens esculenta*	5,6
Trifolium incarnatum	4,3	*Poa pratensis*	5,6
Glycine hispida	4,4	*Chelidonium majus*	5,6
Lupinus luteus	4,5	*Lathyrus sativus*	5,7
Sinapis alba	4,7	*Helianthus annuus*	5,75
Panicum miliaceum	4,7	*Lolium italicum*	5,8
Melilotus officinalis	4,8	*Lupinus angustifolius*	5,8
Nicotiana tabacum	4,8	*Polygonum fagopyrum*	5,8
Ornithopus sativus	4,8	*Medicago sativa*	5,8
Agrostis canina	4,9	*Phaseolus vulgaris*	6,0
Avena sativa	4,9	*Papaver somniferum*	6,0
Linum usitatissimum	5,0	*Festuca pratensis*	6,1
Raphanus sativus	5,4	*Raphanus sativus*	6,1
Onobrychis sativa	5,4	*Lupinus albus*	6,2
Datura stramonium	5,4	*Ricinus communis*	6,2
Vicia faba	5,4	*Pisum sativum*	6,3
Cynosurus cristatus	5,5	*Hordeum distichum*	6,4
Vicia sativa	5,5	*Zea Mays*	6,45

On voit par ces chiffres que la réaction du tissu des graines varie dans de larges limites. Il est intéressant de constater que les graines des plantes adaptées aux sols acides montrent une concentration en ions hydrogène relativement très élevée; au contraire, les plantes se développant le mieux sur les sols plutôt alcalins montrent une réaction du tissu des graines moins considérable. On peut observer ce fait que les graines de lupin jaune, plante qui souffre spécialement de la présence de la chaux dans les sols, sont fortement acides ; d'autre part, les graines de la variété bleue du lupin, qui est moins sensible à la chaux, offrent une concentration en ions hydrogène moindre. La réaction du tissu des semences du lupin blanc, plante indifférente à l'action de la chaux, est presque voisine de la neutralité.

En ce qui concerne les plantes de grande culture des champs, les graines d'orge et de pois, adaptées à la réaction alcaline des sols, ont fourni la concentration en ions hydrogène la moins considérable. De même, on peut remarquer, d'après le tableau suivant, que des relations analogues semblent exister entre la réaction des graines et la concentration en ions hydrogène des sols favorables au développement de certains représentants de la végétation des prairies qu'on a pu examiner.

Espèce.	Optimum de la réaction du sol (en P_H).	Concentration en ions hydrogène des graines (en P_H).
Agrostis canina	5,2	4,9
Poa pratensis	6,2	5,6
Festuca pratensis	6,9	6,1

En résumé, des expériences résumées plus haut il résulte que *la concentration en ions hydrogène des tissus de graines semble indiquer, du moins approximativement, la valeur de la réaction du milieu favorable au développement des plantes à provenir de ces graines.*

PHYSIOLOGIE. — *Influence du temps de coagulation du sang sur la toxicité des sérums.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Rémi Courjon**, présentée par M. Roux.

Quand on injecte dans la circulation du cobaye de 1 à 2$^{cm^3}$ de sérum humain provenant aussi bien d'un sujet sain que d'un malade, on constate que l'injection est tantôt nocive et même mortelle et tantôt inoffensive.

L'un de nous a montré que la toxicité sérique semble provenir de la floculation qui se produit quelquefois par réaction des colloïdes du sérum humain sur les colloïdes plasmatiques du cobaye (1).

La symptomatologie des accidents provoqués par ces injections sériques est extrêmement variable, elle dépend de l'état physique des floculats formés dans ces réactions intercolloïdales. Le même sujet, sain ou malade, pourra fournir un sérum qui sera toxique certains jours et complètement inactif à d'autres moments, bien que les prélèvements soient faits dans des conditions identiques et sans qu'aucune modification apparente soit survenue dans l'état du donneur.

Cette grande variabilité dans les effets des injections sériques nous a fait supposer que des influences minimes étaient susceptibles de les déterminer et que la durée de la coagulation pourrait peut-être avoir une action sur ces phénomènes.

Pour le vérifier, nous avons choisi un certain nombre de malades mentaux (psychasthéniques, déments précoces, épileptiques), dont le sérum

(1) Auguste Lumière, *Contribution à l'étude des sérums normaux* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 790).

s'était montré antérieurement nocif à plusieurs reprises.

Une saignée de 100^{cm^3} a été pratiquée chez chacun d'eux et a été divisée en deux portions égales recueillies dans des récipients de même forme mais dont l'un était chauffé à 25° et l'autre maintenu à 0°, dans la glace fondante.

Aussitôt que la coagulation s'était effectuée dans les récipients à 25°, c'est-à-dire au bout de 15 à 20 minutes environ, on portait les prélèvements dans la glace, de façon que tous les tubes se trouvent par la suite dans les mêmes conditions de température.

La portion mise d'emblée à 0° ne coagule que 2 ou 3 heures après la saignée.

Les sérums ont été séparés des caillots 24 heures plus tard, centrifugés et injectés dans le cœur gauche du cobaye, à la dose de 1^{cm^3}.

Voici les résultats de ces essais :

Sérum Roch... — *a*. La portion provenant de la coagulation à 25° provoque un choc, avec chute de l'animal, 40 secondes après l'injection; quelques convulsions surviennent suivies d'un coma de 4 minutes, après lesquelles les convulsions recommencent; à la septième minute, amélioration, quelques soubresauts et la guérison paraît assurée 3 heures après l'inoculation;

b. La fraction coagulée lentement à 0°, administrée de la même manière, ne donne lieu à aucun accident.

Sérum Ch... — *a*. Coagulation à 25°. Convulsions extrêmement violentes. Mort en 3 minutes;

b. Coagulation à 0°. Sérum encore toxique, mêmes symptômes mais atténués, mort en 16 minutes;

Sérum Ey... — *a*. Coagulation à 25°. Convulsions puis coma à la fin de la première minute, l'état s'améliore mais à la vingt-troisième minute, l'animal tombe sur le côté. Mort 45 minutes après l'injection;

b. Coagulation à 0°. Aucun effet immédiat ou tardif.

Sérum Jou... — *a*. Coagulation à 25°. Crise convulsive intense immédiate et coma. Les accidents durent 10 minutes, puis l'animal se rétablit;

b. Coagulation à 0°. Aucune toxicité sérique.

Sérum Jac... — *a*. Coagulation à 25°. L'animal tombe sur le côté, sans convulsions, après une minute et demie, puis se relève, tombe de nouveau. Coma entrecoupé de secousses musculaires. Mort en 35 minutes;

b. Coagulation à 0°. Aucun trouble d'aucune sorte.

Il résulte de cette expérimentation que le fait de retarder la coagulation du sang humain par le refroidissement supprime ou atténue considérablement la toxicité sérique pour le cobaye.

Ces constatations confirment les notions que nous avons formulées relativement au rôle des colloïdes et des floculats dans les phénomènes pathologiques.

HÉMATOLOGIE. — *La genèse des plaquettes sanguines.* Note de M. **L.-M. Betances**, présentée par M. Henneguy.

Nous savons que Wright avait formulé sa théorie sur l'origine mégacaryocytique des plaquettes sanguines, d'après les images qu'il trouve dans des coupes de la moelle osseuse et de la rate fixée dans l'alcool méthylique et colorées par le mélange Leihsman-acétone. Les auteurs, qui ont confirmé cette théorie, l'ont fait en interprétant les mêmes images que Wright et celles obtenues par la méthode de frottis colorés panoptiquement, ou bien celles trouvées dans des coupes ou des frottis du foie embryonnaire de certains Mammifères et qui représentaient soit des mégacaryocytes, soit des cellules monocytoïdes apparemment plaquettogènes, ou enfin des plaquettes libres. D'autre part, les recherches expérimentales n'ont pas apporté pour ou contre cette théorie, des faits très sûrs, et nous nous en tenons, jusqu'ici, à celles d'ordre histologique.

J'ai trouvé, récemment, dans des coupes d'embryons de Porc [1], de 10 à 12^{mm}, colorés par le May-panchrome, que dans le foie de ces embryons, seulement le cytoplasme de quelques mégacaryocytes, de quelques cellules mésenchymateuses et le chromomère des plaquettes, étaient constitués par de fines granulations rouges, dont quelques-unes plus grossières. Les noyaux n'étaient pas colorés, tandis que les autres substratums étaient plus ou moins bleus, excepté le tissu mésenchymateux qui apparaissait en rosâtre dans les parties où l'alcool-acétone avait agi plus longtemps.

A nous en tenir au seul fait de ces images, puisque nous n'avons que ceux d'ordre morphologique comme base de nos connaissances sur la cytogenèse,

(1) J'ai pu avoir une superbe collection d'embryons de Porcs qui étaient conservés depuis plus de 10 ans dans la solution de formol à 15 pour 100. Il est à remarquer que, dans les embryons plus âgés, je n'ai pas trouvé des images très nettes.

il est évident que les plaquettes sanguines dérivent de quelques mégacaryocytes et parfois de quelques cellules endothéliales. Toutefois, ces images, plus nettes à notre avis que toutes celles trouvées par d'autres auteurs, ne m'avaient pas satisfait jusqu'à ne pas chercher par une autre méthode spéciale la confirmation de la théorie de Wright. En me rappelant que la méthode *postvitale* au bleu de toluidine de Sabrazès, ne colore en rouge que les noyaux, le chromomère des plaquettes et les granulations γ (celles-ci en rouge grenat), tandis que les cytoplasmes apparaissent colorés en bleu plus ou moins intense ou verdâtres, j'ai pensé que si, en réalité, les plaquettes dérivent du cytoplasme des mégacaryocytes et de quelques cellules endothéliales, ceux-ci, à l'exception de tous les autres, devaient avoir par cette méthode, la même structure morphologique que les plaquettes. En effet, des empreintes sur lame de la moelle osseuse de Souris, colorées par la méthode de Sabrazès, m'ont permis de constater que, en dehors des noyaux et des granulations γ qni étaient colorés en rouge, le cytoplasme seulement de quelques mégacaryocytes était constitué par des amas de fines granulations colorées en rouge, sur un fond bleuâtre. Le cytoplasme de quelques cellules polyvalentes avait, dans certaines parties, une teinte rosâtre et tous les autres cytoplasmes étaient colorés en bleu plus ou moins intense ([1]). Il est évident que ces cytoplasmes des mégacaryocytes pouvaient être colorés comme les plaquettes, même sans avoir un rapport quelconque avec elles; mais dans nos préparations, ce n'était pas le cas, car, pour ceux qui sont habitués à voir l'une et l'autre structure morphologique, leur identité n'est pas douteuse.

Quant au mécanisme par lequel les plaquettes se détachent de ces cellules et passent dans les vaisseaux, un examen attentif de nos préparations du foie embryonnaire de Porc, de Lapin, de Mouton et de Souris, ainsi que la moelle osseuse de différents Mammifères, et surtout de rate de Hérisson, nous a permis de penser que ce n'est pas par un mouvement actif de ces cellules qui émettent des prolongements cytoplasmiques et laissent passer ceux-ci dans les vaisseaux sanguins où ils se fragmentent. Le mécanisme m'a paru plus complexe; la cellule ne joue qu'un rôle passif, comme l'a dit récemment Cesaris-Demel; mais d'après ce que j'ai pu voir,

---

([1]) Dans ces préparations j'ai pu voir de grosses boules bleuâtres dans le cytoplasme des mégacaryocytes et d'autres plus petites, libres, dans quelques autres cytoplasmes. Je n'ai pas trouvé de granulations colorées en rouge. Ce fait me permet de confirmer ce que j'avais dit avec M. Luna au sujet des granulations de Sabrazès (voir *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 91, 1924, p. 6).

les plaquettes ne se détachent, probablement, du cytoplasme, qu'au moment du passage de la cellule de l'état fixe à l'état libre, ou bien au moment de la réduction de sa surface et l'accroissement de son volume avec division amitotique ou non de son noyau, ou enfin, au moment de la dégénérescence de la cellule. Ces moments sont généralement accompagnés de clasmatose. Seulement, le courant sanguin entraîne les plaquettes de ces cellules qui, d'ailleurs, se trouvent dans le sinus ou leurs limites, ou bien dans les limites de certains vaisseaux, vers l'intérieur.

En conclusion, d'après mes nouvelles observations, il paraît évident que :

1° L'origine embryonnaire des plaquettes est le foie;

2° Celles-ci dérivent des mégacaryocytes (Wright) et, parfois, de quelques cellules endothéliales (plusieurs auteurs);

3° Tous les mégacaryocytes ne produisent pas de plaquettes (Franck, Firket);

4° Pour que cette production s'effectue, il faut qu'au moment de l'augmentation de volume de la cellule, de la division amitotique de son noyau, de sa libération ou de sa dégénérescence, passent dans son cytoplasme des produits nucléaires et que celui-ci se fragmente.

Les plaquettes passent dans les vaisseaux entraînées par le courant des sinus ou des lacunes.

EMBRYOLOGIE. — *Évolution embryologique du débouché endolymphatique chez l'homme*. Note de MM. **H. Châtellier** et **H.-P. Châtellier**, présentée par M. Henneguy.

L'examen que nous avons fait de préparations d'embryons humains par la lecture directe des coupes sériées, sous le contrôle de reconstitutions selon la méthode de Born et de stéréographies d'après la technique de H. Lutigneaux, nous a montré que le débouché endolymphatique passe par les étapes suivantes :

I. Embryon de 15mm. — Le canal endolymphatique se jette par son extrémité inférieure, unique et non évasée, dans la paroi interne, épaisse parce que multistratifiée, de l'atrium. Ce débouché occupe la partie supérieure (1) de la paroi atriale profonde, juste en dedans du point où émerge le canal commun.

(1) Nous faisons abstraction de la position dite fœtale et nous supposons au labyrinthe membraneux l'orientation qu'il a chez l'adulte debout.

Sur la même paroi atriale interne, mais notablement plus bas, se dessine une saillie épithéliale creuse et volumineuse. Malgré une différence de forme, nous croyons devoir l'homologuer, en raison de son siège et parce qu'il n'existe nul autre relief pariétal, à ce que P. Denis a décrit chez l'embryon de *Vespertilio murinus* sous le nom de *diverticule utriculo-sacculaire*.

II. Embryon de 20^{mm}. — La différenciation de l'atrium en utricule et en saccule, bien qu'encore incomplète, est rendue déjà évidente par un repli mésenchymato-épithélial détaché de la paroi externe, et dont le bord interne, concave, plonge dans la cavité atriale. On peut donc maintenant préciser que le débouché endolymphatique, qui occupe toujours la partie haute de la paroi épithéliale profonde, se fait au-dessus de l'ébauche de cloisonnement, c'est-à-dire au niveau de l'utricule.

Sur la même face labyrinthique profonde, mais nettement au-dessous du plan de la stricture, donc en plein saccule, se voit une saillie épithéliale creuse, qui ne peut que représenter le diverticule sus-indiqué. Son atrophie est considérable; ce n'est plus qu'un petit ergot, qui confine au pourtour supérieur de la macule sacculaire.

III. Embryon de 28^{mm}. — La progression de dehors en dedans de la cloison achève la séparation utriculo-sacculaire qui est complète, sauf en un endroit, où la concavité du bord libre du diaphragme ménage un orifice de communication directe entre les deux poches épithéliales.

Le canal endolymphatique présente un évasement de son extrémité proximale, toujours indivise, par recul de son pourtour postéro-inférieur; si bien que son débouché n'est plus seulement utriculaire, mais utriculo-sacculaire.

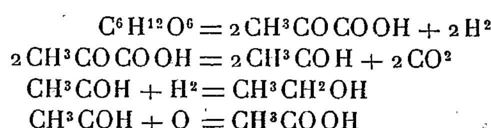
Mais, chose importante, la saillie diverticulaire profonde existe encore en bordure de la tache acoustique sacculaire. Son relief est certes diminué, mais indiscutable et suffisant à prouver que, chez l'homme, l'élargissement de l'ostium endolymphatique n'est pas lié à l'absorption du diverticule.

IV. Embryon de 95^{mm}. — Le labyrinthe membraneux se rapproche beaucoup de sa forme définitive. Le cloisonnement interutriculo-sacculaire a gagné de dehors en dedans, au point de séparer complètement les deux cavités épithéliales. Il a même progressé jusque dans l'extrémité évasée du canal endolymphatique, formant ainsi les deux branches bifurquées, dont l'une aboutit à l'utricule et l'autre au saccule.

A ce stade il est presque impossible de reconnaître le diverticule profond. C'est à peine si l'on peut distinguer, juste au-dessus de la macule sacculaire, une saillie, à peine ébauchée, qui semble indiquer très faiblement son dernier vestige.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Signification des produits de dédoublement formés par le bacille* Coli, *aux dépens du glucose*. Note de MM. **E. Aubel** et **J. Salabartan**, présentée par M. M. Molliard.

Nous avons montré que le bacille *Coli* décompose le glucose suivant :



$$\begin{aligned} C^6H^{12}O^6 &= 2CH^3COCOOH + 2H^2 \\ 2CH^3COCOOH &= 2CH^3COH + 2CO^2 \\ CH^3COH + H^2 &= CH^3CH^2OH \\ CH^3COH + O &= CH^3COOH \end{aligned}$$

à côté de ce mode de dégradation, on sait qu'il y a le mode



$$C^6H^{12}O^6 = 2CH^3CHOHCOOH$$

qui explique la présence de l'acide lactique dans les cultures, acide que l'on retrouve pour une quantité voisine de 50 pour 100 du sucre consommé.

Une première question se pose : *Les deux modes de dégradation sont-ils distincts, ou doivent-ils être réunis?* En d'autres termes, l'acide lactique constitue-t-il un intermédiaire entre le glucose et les produits ultimes : alcool, acide acétique, CO^2 ?

La possibilité de cultiver le *Coli* sur milieux synthétiques va nous donner la réponse. Le milieu de base a été décrit dans une Note précédente (¹). On ajoute, pour remplacer le glucose, soit du pyruvate, soit du lactate de soude dans la proportion de 1 pour 100. Deux séries sont faites : les unes aérobies, les autres anaérobies.

En milieu aérobie, la culture est possible dans tous les cas, avec plus de difficultés pour l'acide lactique. En outre, dans ce dernier milieu, il se forme certainement moins de $0^g,1$ pour 100 d'acide pyruvique ; mais si l'on ajoute du nitrate de K, ainsi que l'ont montré Quastel, Stephenson et Weetham, on peut doser jusqu'à $0^g,5$ de l'acide cétonique. Dans le milieu à acide pyruvique, il se produit des quantités d'acide lactique difficilement dosables, décelables par la réaction de Hopkins et de l'ordre de $0^g,1$ pour 1000.

En milieu anaérobie, *la culture est possible sur pyruvate*, *impossible sur lactate de soude*. Elle ne devient possible sur ce dernier acide que, si, comme Quastel, Stephenson et Weetham, et pour des raisons que nous donnerons, l'on ajoute du nitrate de K.

Donc, et puisque dans le milieu originel il n'y a pas de nitrates, le procès de décomposition du glucose en acide lactique doit être considéré comme

(¹) E. Aubel et J. Salabartan, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1183.

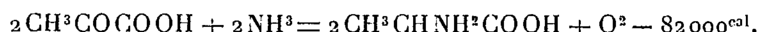
différent du procès de décomposition en acide pyruvique. Ceci confirme la notion des deux fermentations distinctes soutenue par l'un de nous.

Seconde question : *Pourquoi dans un cas les cultures sont-elles possibles; pourquoi, dans l'autre, ne le sont-elles pas?* Une culture est possible lorsque le microorganisme est capable, aux dépens des matériaux qui lui sont offerts de synthétiser la matière vivante. Or le bacille *Coli* est formé, pour 100^g de poids sec, d'environ :

Albumine	65,4
Hydrate de carbone	10
Graisses	15
Cendres	9,6

Il faut donc, dans le cas particulier examiné ici, qu'aux dépens des sels, du sulfate d'NH^3 et du corps ternaire, le microbe construise ces matériaux. Comment les réactions vont-elles s'effectuer, le bacille *Coli* partant soit de l'acide pyruvique, soit de l'acide lactique?

a. Acide pyruvique. — La formation d'albumine, c'est-à-dire l'amination peut être schématisée par la formation d'alanine :



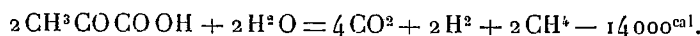
$$2CH^3COCOOH + 2NH^3 = 2CH^3CHNH^2COOH + O^2 - 82000^{cal}.$$

Cette réaction, impossible spontanément, est rendue réalisable par un couplage du type



$$2CH^3COCOOH + O^2 = 2CH^3COOH + 2CO^2 + 122000^{cal}.$$

La formation d'hydrate de carbone se conçoit suivant :



$$2CH^3COCOOH + 2H^2O = 4CO^2 + 2H^2 + 2CH^4 - 14000^{cal}.$$



$$2CH^3COCOOH + 2H^2 = 2CH^3CHOHCOOH + 16000^{cal}.$$

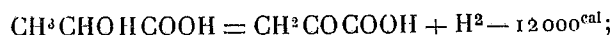
La conversion de l'acide lactique en glucose qui est endothermique est rendue possible grâce à des couplages aux dépens du même acide lactique, ainsi que Wurmser et l'un de nous l'a démontré.

Quant à la formation d'acide gras, le procès admis (Miss Smedeley) est exothermique et il en est de même de la formation de la glycérine.

Nous ferons remarquer que les produits de déchets : CO^2, H^2,CH^4, CH^2COOH, ont tous été retrouvés dans les cultures de *Coli* sur acide pyruvique (Neuberg et Jamakawa, Karcizag et Moczar, R. Cambier et E. Aubel).

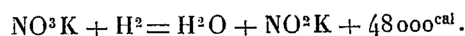
b. Acide lactique. — La formation de glucose se fait directement aux dépens de l'acide lactique. Les idées généralement acceptées voient dans l'acide pyruvique l'origine des graisses et de l'alanine. En fait, c'est ce qu'il faut admettre pour le bacille *Coli*. En effet, il ne peut pousser sur acide lactique qu'à la condition de libérer de l'hydrogène et de former corrélativement de l'acide pyruvique. Ceci résulte des expériences

de Quastel, Stephenson et Weetham, et de nos expériences (¹). Si l'on fait la culture en milieu anaérobie, le nitrate est nécessaire et l'on constate qu'il se réduit en même temps que le microbe se développe et que l'acide pyruvique apparaît. Or la formation d'acide pyruvique est endothermique :



$$CH^3CHOHCOOH = CH^2COCOOH + H^2 - 12000^{cal};$$

elle doit être entraînée, et la réduction couplée du nitrate le permet :



$$NO^3K + H^2 = H^2O + NO^2K + 48000^{cal}.$$

Ainsi nous apparaissent la nécessité du stade acide pyruvique et l'explication du rôle des nitrates en milieu anaérobie.

Troisième question : *Quel est le stade qui, dans la transformation du glucose en alcool fournit les matériaux et l'énergie nécessaires au développement?*

De ce qui précède, il résulte d'abord que l'acide lactique formé aux dépens du glucose est un produit de déchet et que le dédoublement qui lui donne naissance n'intéresse pas les synthèses.

D'autre part, la transformation de l'acide pyruvique en alcool s'effectue par une suite de réactions endothermiques. Mais on ne voit pas leur liaison directe avec les synthèses.

Il reste le stade



$$C^6H^{12}O^6 = 2CH^3COCOOH + 2H^2 + 8000^{cal}.$$

C'est la source et des matériaux et de l'énergie, l'acide pyruvique formé ayant deux destins : la matière vivante d'une part, l'alcool d'autre part.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *La théorie statistique de l'adaptation de l'œil au cours de la vision périphérique*. Note de M. **P. Lasareff**, présentée par M. Jean Perrin.

Mes recherches sur la vision périphérique (²) ont démontré que, pour pouvoir expliquer la sensation de l'intensité de la lumière au point de vue de la loi du tout ou rien il faut admettre non seulement la structure mosaïque de la rétine, mais aussi la structure quantique de la lumière.

Dans la présente Note, je développe la théorie de l'adaptation au cours

(¹) La partie expérimentale détaillée sera donnée dans un autre Recueil.

(²) P. Lasareff, *Pflüger's Archiv*, 154, 1913, p. 459; 155, 1914, p. 310; 199, 1923, p. 290; — *Journal de Chimie physique*, 21, 1924, p. 241. Voir aussi *Recherches sur la théorie ionique de l'excitation*, Moscou, 1918, p. 95,

de la vision périphérique en la basant sur des faits déjà démontrés par moi.

J'admets, dans ma théorie de l'adaptation que la réaction produisant des ions excitants dans les bâtonnets de la rétine est une réaction autocatalytique. Cette réaction commence sous l'influence de la transformation photochimique d'une molécule du pourpre visuel provoquée par l'action d'un quantum de la lumière. D'après cette hypothèse, cette transformation donne une molécule des produits de la réaction photochimique. Pour que l'excitation du nerf optique soit possible il est nécessaire que la concentration du pourpre dans un bâtonnet atteigne une certaine limite.

La réaction de restitution a une vitesse très grande et le nombre des bâtonnets par unité de surface, dans lesquels la restitution se produit dans un intervalle de temps dt, est, d'après notre hypothèse, proportionnel au nombre $(N_0 - N)$ où N_0 est le nombre de bâtonnets sur l'unité de surface.

Nous avons donc

$$dN = \alpha(N_0 - N)\,dt.$$

A l'instant correspondant à t nous avons par conséquent

$$N = N_0(1 - \gamma e^{-\alpha t}),$$

γ étant une fraction dépendant du nombre des bâtonnets restitués à l'instant $t = 0$. Le nombre de bâtonnets excités N_1 dans une seconde doit être égal au produit de N par le nombre de quanta n, qui sont absorbés en une seconde.

Nous avons, par conséquent, ce nombre N_1 égal à

$$N_1 = Nn = nN_0(1 - \gamma e^{-\alpha t}).$$

En multipliant cette expression par la valeur de quantum $q = h\nu$, où ν est la fréquence et h la constante de Planck, nous avons

$$N_1 q = Nnq = nh\nu N_0(1 - \gamma e^{-\alpha t}).$$

Si l'intensité de la lumière atteint la limite inférieure provoquant une sensation, N_1 sera égal à une constante A; $nh\nu$ est l'intensité de la lumière incidente I; par suite, nous pouvons écrire

$$Aq = IN_0(1 - \gamma e^{-\alpha t})$$

ou

$$E = \frac{1}{I} = \frac{N_0}{Aq}(1 - \gamma e^{-\alpha t}).$$

$E = \frac{1}{I}$ est la sensibilité de la rétine; N_0, A et q sont des constantes, et par

conséquent

$$E = E_0(1 - \gamma e^{-\alpha t}),$$

où

$$E_0 = \frac{N_0}{A q}.$$

Nous obtenons, par une méthode statistique, la même formule que j'ai obtenue auparavant (¹) par une méthode tout à fait différente et confirmée par l'expérience.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'acide carbonique sur les caséinates calciques. Introduction à l'étude du carbonate de calcium colloïdal.* Note de M. **Ch. Porcher**, présentée par M. L. Lindet.

Dans une Note antérieure (²), nous avons montré que pour obtenir la coagulation du caséinate de chaux par la présure, il fallait le charger d'un sel insoluble susceptible de prendre l'aspect colloïdal en formant avec lui un ensemble stable. Dans le lait, c'est le phosphate de chaux qui remplit ce rôle. Il était intéressant de voir ce que donnerait l'acide carbonique au lieu et place de l'acide phosphorique.

Quand on fait passer lentement, bulle à bulle, CO^2 dans un caséinate, qui soit alcalin à la phtaléine du phénol et contienne par suite plus de 2,50 pour 100 de chaux, on constate que la liqueur blanchit d'autant plus vite que le caséinate est plus chargé en chaux et que l'on opère à une température plus élevée, qui ne doit pas dépasser 50°. Les liqueurs préparées à 0°, tout en ayant la même acidité titrable, sont moins opaques que si elles avaient été obtenues à 30° et, *a fortiori*, à 40° et à 50°. Quand le passage de CO^2 se fait à des températures *inférieures à* 30°, les liqueurs (il s'agissait d'un caséinate à 6,66 pour 100 de chaux) portées au bain-marie à 40°, se prennent, *sans addition de présure*, en une gelée d'autant plus compacte que le passage de CO^2 s'est effectué à plus basse température. Si le barbotage de CO^2 a lieu à 20°, la liqueur donne — toujours sans addition de présure — quand on la porte à 40°, un coagulum qui est friable, alors qu'il devient, au contraire, cohérent, collé aux parois, au point que l'on peut, sans qu'il se détache, renverser le tube et agiter, quand le barbotage mécanique s'est

(¹) *Op. cit.*, p. 111, et *Ionentheorie der Reizung*, p. 17, Berne et Leipzig, 1923.
(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1534.

fait dans la glace fondante; mais, si ce dernier s'effectue *au-dessus de* 30°, le caséinate, bien que chargé en carbonate de chaux, ne coagule plus sans présure. C'est que la texture colloïdale de ce dernier sel a été profondément altérée.

Les caillés obtenus *au-dessous de* 30°, *sans addition préalable de présure, ne se rétractent pas*; le peu de liquide qu'ils laissent exsuder est laiteux par la présence de carbonate de chaux.

Si, dans les liqueurs obtenues par barbotage carbonique à 0°, 10°, 20°, 30°, 40° et 50°, on ajoute *à froid de la présure, et que l'on porte graduellement au bain-marie à* 40°, *tous les tubes coagulent*, et le caillé ne ressemble point à celui que l'on obtient sans présure, quand les circonstances sont favorables. C'est pour les barbotages faits à 10° et 20° que le coagulum est le plus ferme. Très rapidement le caillé se rétracte donnant une masse translucide et laissant exsuder un sérum liquide, comme de l'eau; de petites bulles de CO^2 se collent sur les parois.

Par le passage de CO^2 dans les caséinates alcalins, il se fait du carbonate de calcium colloïdal s'unissant au caséinate pour former un complexe; la texture colloïdale du carbonate de calcium obtenu dans les conditions ci-dessus est fragile, ainsi que nous l'avons déjà noté.

Quelle que soit la charge initiale en chaux du caséinate, *les complexes caséinate de chaux + carbonate de chaux*, après perte — soit par barbotage d'azote, soit par repos prolongé — de l'acide carbonique en excès qui donnait l'acidité titrable et actionnait l'emprésurage, redeviennent tous neutres à la phtaléine du phénol et ont un P_H dont le millivoltage est de 720.

Le caséinate neutre à la phtaléine (2,50 pour 100 de chaux) et les caséinates acides (moins de 2,50 pour 100 de chaux) ne paraissent pas modifiés par le passage de CO^2 et ne donnent lieu à aucun des phénomènes si nets décrits plus haut. Il faut de toute nécessité que le caséinate soit alcalin, c'est-à-dire permette, grâce à son excès de chaux, la formation de carbonate calcique, pour qu'il coagule, selon les circonstances, avec ou sans présure.

Le rôle capital du carbonate dans la coagulation du complexe est facile à mettre en évidence. Si l'on suit, pour ainsi dire, bulle à bulle, le passage de CO^2 dans un caséinate chauffé à 40° (température qui, comme nous l'avons vu, conduit à un complexe coagulant par la présure, mais ne coagulant plus sans présure) on constate qu'il faut une certaine quantité de carbonate de calcium pour que la coagulation ait lieu par la présure. Tout au début, alors qu'il y a peu de carbonate, il n'y a pas de coagulation; puis, quand il

s'en forme davantage, on obtient une masse diffluente qui devient de plus en plus ferme, au fur et à mesure que le barbotage s'accentue.

Quand le barbotage se fait à la *température ordinaire* et qu'il dure le temps nécessaire, la charge en carbonate (surtout avec des caséinates très calciques) et la texture de ce sel sont telles que l'ensemble est instable et que. à 40°, *sans présure*, il se prend en masse.

Plus le caséinate originel est riche en chaux, plus les coagulats obtenus au bain-marie à 40° après barbotage carbonique à froid sont peu consistants au point de n'être parfois que des gelées molles très faciles à disloquer par la moindre agitation. C'est qu'on arrive rapidement à ce que nous avons appelé, dans notre précédente Note, la *saturation* du caséinate par le sel calcique — ici, le carbonate, antérieurement, le phosphate — qu'il adsorbe pour former le complexe.

Par le repos à la glacière, pour les complexes très calciques préparés à froid, l'instabilité se traduit à la longue par la formation d'un dépôt visqueux qui n'est autre que le complexe lui-même.

Nous avons ici des phénomènes, en somme, du même ordre que ceux que l'on observe avec le *complexe caséinate de chaux + phosphate de chaux*. Dans le coagulum, c'est le caséinate de chaux qui fait la masse; mais c'est le sel colloïdal, phosphate ou carbonate, qui est le déterminant de la coagulation. La preuve, dans le cas du carbonate, c'est que, si ce sel perd son caractère colloïdal, ce qu'on réalise aisément en chauffant le complexe à une température un peu élevée, la coagulation n'a plus lieu, ou elle ne se fait que difficilement et irrégulièrement; en d'autres termes, *l'aspect du caillot est conditionné par la texture du carbonate calcique.*

BIOLOGIE. — *Caractères généraux des Monstres doubles chez les Phasmides* (¹). Note (²) de M. **P. Cappe de Baillon**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les caractères généraux des monstres doubles, chez les Vertébrés supérieurs, sont les suivants : 1° les deux composants sont semblables et de même sexe; 2° ils sont unis par des parties similaires; 3° leur structure

---

(¹) P. Cappe de Baillon, *Monstres doubles et intersexués chez les Phasmides* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1371).

(²) Séance du 2 juin 1925.

anatomique est souvent plus complexe que ne le laisse supposer leur morphologie externe; 4° leur taille respective est inférieure à celle d'un sujet normal (¹).

Dans quelle mesure ces caractères conviennent-ils aux monstres doubles des Phasmides?

1. La ressemblance, chez des Insectes, peut porter sur les dimensions du corps, la pigmentation, les anomalies, le sexe. Les deux composants d'un monstre double de Phasmide n'ont pas toujours la même couleur, ni la même taille. La similitude, quand elle existe, n'exclut pas les anomalies unitaires, telles que l'atrophie d'un appendice, par exemple; mais ces particularités individuelles, chez les Phasmides comme chez les Vertébrés supérieurs, sont exceptionnelles. Quant à l'unité de sexe, elle semble la règle; toutefois, elle ne peut être admise, sans réserves, comme un caractère constant, dans un groupe d'Insectes où la reproduction parthénogénétique comporte l'apparition accidentelle de mâles et d'intersexués.

2. L'union des composants se fait par des parties similaires. Le dédoublement longitudinal des segments thoraciques et des segments abdominaux est rare; celui de la tête est, au contraire, fréquent.

L'axe longitudinal des deux corps peut devenir distinct ou demeurer commun.

Dans le premier cas, si les axes individuels convergent vers le haut, une tête normale surmonte un corps unique, muni d'appendices en nombre double; si, au contraire, les axes convergent vers le bas, la tête est double et l'abdomen, réduit ou complètement atrophié.

Les cas les plus nombreux sont ceux où la rotation des deux corps s'effectue autour d'un axe longitudinal commun. Une conséquence intéressante de cette rotation est la fusion plus ou moins parfaite des organes et des appendices céphaliques (yeux, antennes, mandibules, etc.).

L'œil impair médian, l'antenne ou la mandibule impaire médiane, semblent, dans certains cas, compatibles avec la vie et il y a lieu de se demander si la corne frontale, héréditaire, du *Clitumnus cuniculus* Westw. n'était pas simplement, à l'origine, l'antenne impaire d'un monstre double (²).

3. L'anatomie des monstres doubles est souvent plus complexe que ne

---

(¹) E. CHAUVIN, *Précis de Tératologie*, Paris, 1920, p. 45.

(²) J. C. F. FRYER, *Preliminary note on some experiments with a Polymorphic Phasmid* (*J. Genetics*, 3, 1924, p. 107).

le fait supposer leur aspect extérieur. Un monstre à deux têtes parfaitement fusionnées peut avoir deux cavités buccales ou deux tubes digestifs antérieurs; l'intestin moyen est presque toujours unique. De même, il n'est pas rare de trouver deux ganglions cérébroïdes dans une tête d'apparence régulière.

4. Les deux composants d'un monstre double, considérés isolément, ont une taille inférieure à celle de la larve normale. Cette loi générale, susceptible de présenter quelques exceptions chez les Vertébrés supérieurs, est rigoureuse chez les Phasmides, dont l'œuf, à coque résistante, limite nécessairement le développement de l'embryon.

BACTÉRIOLOGIE. — *Le symplasme bactérien existe-t-il? Cas de l'Azotobacter.* Note de M. J. **Beauverie**, présentée par M. L. Mangin.

Des microbiologistes ont affirmé que les bactéries peuvent au cours de leur évolution perdre leur individualité morphologique par disparition de la membrane et fusion des protoplasmes. Cet état, qui n'aurait rien de commun avec l'autolyse de dégénérescence, serait, au contraire, le point de départ de la production d'éléments régénérateurs. Pour Löhnis, ce serait même une propriété générale du monde des bactéries. L'Azotobacter, dont il a poursuivi une étude approfondie, serait le prototype de cette transformation.

Nous avons repris pour notre compte l'étude déjà faite par plusieurs auteurs de la morphologie et surtout de la cytologie de l'*Azotobacter chroococcum*.

Pendant plus de six mois nous avons cultivé l'Azotobacter et pratiqué des observations journalières sur le vivant et sur préparations fixées et colorées par les méthodes actuellement usitées pour l'étude cytologique des microorganismes. Voici ce que nous avons constaté :

Des préparations fixées et colorées nous ont montré parfois une apparence très nette de symplasme. Des cellules demeurées entières apparaissent plongées dans une masse protoplasmique alvéolaire (comme le cytoplasme intracellulaire). Certaines cellules montrent encore partiellement leur paroi tandis que leur contenu se mêle à la masse protoplasmique diffuse. Çà et là se manifestent des granules très colorables, très petits ou assez gros. S'agit-il d'un symplasme au sens des néo-polymorphistes? Rien ne permet de l'affirmer. Le fait devrait s'observer fréquemment, ce n'a pas été notre cas;

nous n'avons pu le vérifier sur le vivant. Il nous a paru une conséquence de l'étalement du frottis s'exerçant sur des cellules à parois fragiles correspondant à un état particulier des cultures. Il peut provenir aussi d'un état voisin de l'autolyse de dégénérescence.

Mais, nous dit-on, ce symplasme est, au contraire, régénérateur car on voit apparaître dans son sein des éléments petits (gonidies) ou assez volumineux (corps régénérateurs). Examinons cet argument. Löhnis dit avoir coloré toutes les préparations reproduites dans son Mémoire (1923) par la fuchsine aqueuse. Si son étude a été faite sans plus de moyens histologiques, il n'apparaît pas surprenant qu'il ait pris pour des unités morphologiques : corps régénérateurs, gonidies, etc., de simples éléments granuleux. Les corpuscules métachromatiques, notamment, jouent dans la différenciation cytologique de l'Azotobacter un rôle de premier plan. Leur non-différenciation peut entraîner aux interprétations les plus erronées. Ils présentent, au surplus, une particularité notable qui nous a depuis longtemps frappé, tant chez les champignons que chez les bactéries, celle de persister parfois après la disparition cellulaire (¹). Chez l'Azotobacter, des cellules en voie de dégénérescence ou, peut-être aussi, désorganisées par l'opération du frottis sur lame, lorsque les parois des cellules sont minces et fragiles, abandonnent des corps métachromatiques quelquefois volumineux, quelquefois formés d'un gros élément ovoïde auquel se juxtapose un plus petit, le tout offrant l'aspect d'une cellule bourgeonnante que l'on prendrait à tort pour un corps régénérateur; ou bien ils sont très petits et ont pu être qualifiés à tort de gonidies. Enfin, il est aussi des cellules à parois épaissies, véritables éléments kystoïdes, que n'affecte pas la fonte cellulaire, qui persistent donc sur l'apparence de symplasme, et qui n'ont rien de commun avec des corps régénérateurs.

Il se produit, d'autre part, dans les parties sèches et brun Van Dyke de la culture, un phénomène sur lequel nous insisterons ailleurs. Il consiste essentiellement en une contraction du contenu total de la cellule qui se rassemble en une sphère unique tandis que la membrane disparaît progressivement. Ces restes de membranes peuvent former un fond plus ou moins flou et colorable sur lequel se détachent lesdits corps endogènes que l'on pourrait interpréter à tort comme des corps régénérateurs nés d'un symplasme.

(¹) Cf. notre Note : *Corpuscules métachromatiques et phagocytose chez les végétaux* (*C. R. Soc. de Biologie*, 25, 15 juillet 1913, p. 285).

En somme, une étude poursuivie bien au delà du temps que les auteurs disent nécessaire pour constater la formation de symplasmes et mettant en œuvre les ressources actuelles de la technique de l'étude cytologique des bactéries, ne nous a pas permis de constater l'existence d'aspects correspondant à un symplasme régénérateur qui ne fussent le résultat d'une dégénérescence, d'un artifice de préparation, d'une contamination, d'une interprétation erronée de soi-disant corps régénérateurs ou gonidies. Pour nous, la formation du symplasme bactérien n'est point démontrée.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Mécanisme régulateur du métabolisme des purines et diabète insipide.* Note de M. **Charles Kayser** et Mlle **Éliane Le Breton**, présenté par M. Henneguy.

Dans une série de belles recherches, Jean Camus, Roussy et Gournay [1] ont montré que les lésions superficielles du noyau propre du *tuber cinereum* déterminaient un diabète insipide typique. Camus et Gournay ont fait des observations touchant le métabolisme des purines chez les animaux opérés, qui, rapprochées des faits constatés dans le diabète insipide de l'homme, les ont conduits à formuler une hypothèse sur le mécanisme de la diurèse normale et pathologique et à admettre l'existence d'un centre régulateur du métabolisme des nucléoprotéides. Leurs constatations expérimentales peuvent se résumer ainsi :

1° Dans l'urine des chiens à tuber lésé, polyuriques, les oxypurines augmentent en même temps que l'acide urique diminue considérablement ou disparaît.

2° Les phénomènes sont identiques dans le diabète insipide chez l'homme ; augmentation des oxypurines par rapport à l'acide urique ; disparition totale de l'acide urique pour des polyuries dépassant 10^l avec éliminations de purines totales pouvant dépasser 3^g.

3° En injectant au chien normal un mélange d'amino-purines (guanine + adénine), Camus et Gournay ont observé des polyuries nettes pouvant durer plusieurs jours.

Ces auteurs en déduisent « que le diabète insipide est lié à un trouble du métabolisme des purines..., qu'il se trouve sous la dépendance de bases

(1) Camus et Roussy, *C. R. Soc. Biol.*, 86, 1922, p. 1008. — Camus, Roussy et Le Grand, *C. R. Soc. Biol.*, 86, 1922, p. 1070. — Jean Camus, Gournay et Fiterre, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 289. — Camus et Gournay, *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1924, p. 335. — Camus et Gournay, *C. R. Soc. Biol.*, 91, 1924, p. 1137. — Camus et Gournay, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 172.

puriques diurétiques fabriquées en excès par l'organisme ». Ils font l'hypothèse que dans la région du tuber doit exister un centre régulateur du métabolisme des nucléoprotéides qui commande la diurèse aussi bien à l'état normal que pathologique.

Les recherches que nous poursuivons sur le métabolisme des purines ne nous permettent pas de souscrire aux hypothèses de Camus et Gournay, et nos résultats expérimentaux sont en désaccord sur bien des points avec ceux de ces auteurs.

1° Chez le chien normal, l'acide urique n'existe dans l'urine qu'en quantités très faibles. On trouve souvent huit et dix fois plus d'oxypurines que d'acide urique, ce qui se comprend puisque chez cet animal l'acide urique est presque totalement oxydé jusqu'au stade allantoïne avant l'élimination. La lésion du tuber n'ajoute rien au phénomène normal et c'est le rapport des bases puriques à l'allantoïne qu'il faudrait étudier.

2° Nous avons confirmé antérieurement (¹) l'augmentation du rapport $\frac{\text{bases puriques}}{\text{acide urique}}$ signalée par Camus et Gournay dans l'urine de diabète acide insipide chez l'homme. Mais nous n'avons jamais trouvé d'éliminations de purines totales atteignant ou dépassant 3g. Nos constatations sont en accord sur ce point avec celle de Rotky (²). Nous n'avons jamais vu l'acide urique disparaître totalement.

Comment expliquer le désaccord de ces résultats? Nos méthodes de dosage sont différentes (³). L'emploi du procédé de Ronchèse pour doser l'acide urique sur des urines de polyuriques, lorsqu'elles ne sont pas systématiquement ramenées au volume urinaire normal (2 litres au maximum), peut expliquer l'apparente disparition de cet acide. Comme nous l'avons observé, il suffit de diluer l'urine normale de six à huit fois son volume pour que l'acide urique ne précipite plus à l'état d'urate d'ammoniaque. Nous ne nous expliquons pas les énormes éliminations de purines totales observées par Camus et Gournay dans les polyuries dépassant dix litres (⁴).

(¹) Eliane Le Breton et Charles Kayser, *Comptes rendus Soc. Biol.*, 91, 1924, p. 1135.

(²) Rotky, *Deutsches Archiv für klin. Medizin*, 98, 1910, p. 540.

(³) Elles seront exposées ailleurs. Nous isolons les purines totales par double précipitation au cuivre et séparons ensuite l'acide urique par cristallisation (Krüger-Schittenhelm).

(⁴) Nous n'avons jamais travaillé que sur l'urine de sujets soumis à un régime strictement sans purines.

3° Quant à l'action diurétique des aminopurines chez le chien, nous ne l'avons jamais retrouvée, en nous plaçant dans les meilleures conditions expérimentales (animaux mis au régime d'Ambard pour la concentration maxima). Nous avons injecté : 1° du chlorhydrate de guanine; 2° du sulfate d'adénine; 3° un mélange de ces deux aminopurines; 4° les nucléotides de guanine et d'adénine. L'augmentation du volume urinaire ne correspondait qu'à celui de l'eau employée dans l'injection. Le détail de ces expériences paraîtra ailleurs; elles sont en accord avec l'opinion classique qui veut que seules les méthylpurines naturelles ou synthétiques soient diurétiques.

Devant ces constatations nous ne pouvons souscrire aux hypothèses de Camus et Gournay qui voient dans un trouble du métabolisme des purines — certaines d'entre elles étant diurétiques — l'origine des polyuries. Bien plus, nous pensons au contraire que c'est la polyurie qui entraîne l'augmentation relative des oxypurines dans l'urine. Il suffit en effet de provoquer chez l'homme normal une polyurie par ingestion d'eau pour voir augmenter le rapport $\frac{\text{oxypurines}}{\text{acide urique}}$.

Voici un exemple numérique :

Sujet sain : 28 *ans*. Régime sans purines. Ingestion d'eau.
Résultats en milligrammes.

Dates.	Volume urin. (cm³)	Oxypurines.	Acide urique.	Purines totales.	Rapport $\frac{\text{Oxypurines}}{\text{Acide urique}}$
8 novembre.....	900	95,9	495	590,9	1:5,1
9 »	3800	69,5	298,6	368,1	1:4,3
10 »	3460	148,4	298,8	447,2	1:2
3 décembre.....	730	68,1	376,8	444,9	1:5,5
4 »	3600	128,5	327,2	455,7	1:2,6
5 »	4000	115,2	403,2	518,4	1:3,5
6 »	5020	130,8	436,5	567,3	1:3,3

L'interprétation la plus simple des faits observés serait la suivante : l'oxydation des oxypurines en acide urique se ferait au niveau du rein et, dans le cas de polyurie, la faible concentration des oxypurines d'une part, le temps très court pendant lequel elles subissent l'action des ferments oxydants d'autre part, suffiraient à rendre compte de l'augmentation des oxypurines dans l'urine.

A notre avis aucun des faits actuellement établis ne permet de croire à l'existence dans la région du *tuber cinereum*, « d'un centre régulateur du métabolisme des nucléoprotéides », associé au centre régulateur des échanges d'eau dont l'existence est indiscutable.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Sur les altérations cytologiques au cours de l'évolution de la maladie du noyau des chenilles de* Pieris Brassicæ *L.* Note (¹) de M. PAILLOT, présentée par M. Marchal.

Dans une Note précédente (²), nous avions admis que les corps réfringents qui naissent dans certaines cellules sanguines et dans les cellules adipeuses des chenilles de Piéride en voie d'infection, étaient d'origine nucléaire et devaient être considérés comme les homologues des corpuscules polyédriques qui caractérisent les autres maladies du noyau. Nos recherches histologiques et cytologiques ultérieures nous ont montré que l'homologie entre les deux formations pathologiques n'était qu'apparente et que les corps réfringents avaient une origine toute différente de celle des corpuscules polyédriques.

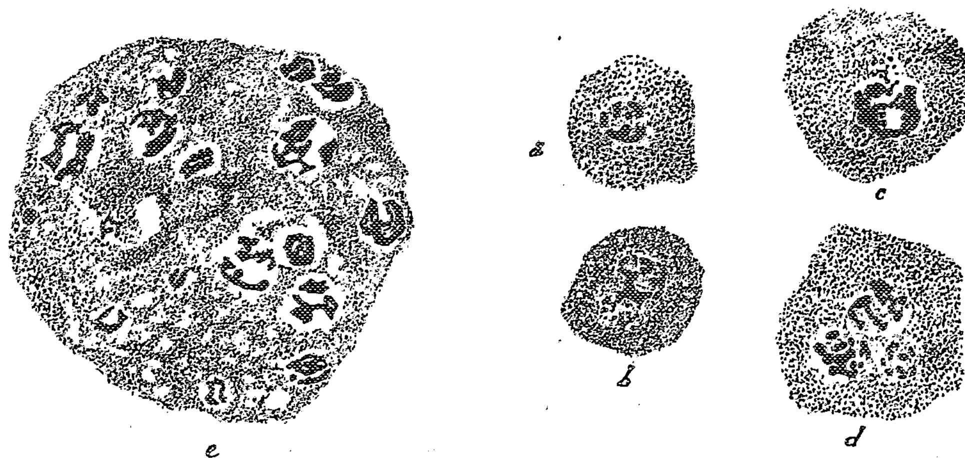
Nous avions considéré que les amas chromatophiles observés dans le cytoplasme des micronucléocytes, après coloration des frottis de sang avec le mélange de Giemsa, étaient constitués par de la chromatine diffuse exsudée du noyau; l'étude des altérations cytologiques sur coupes colorées à l'hématoxyline au fer, après fixation au mélange de Dubosq-Brasil, nous avait confirmé dans notre première opinion. Si l'on traite au contraire des chenilles infestées par les méthodes dites mitochondriales (fixation proprement dite au formol salé ou au bichromate-formol de Regaud et postchromisation prolongée), qu'on colore ensuite les coupes d'après la méthode de Kull (fuchsine acide-bleu de toluidine), on constate que la formation des corps réfringents est indépendante des altérations nucléaires et qu'elle est d'origine exclusivement cytoplasmique.

Nous étudierons le processus des altérations cytologiques dans la cellule adipeuse. Le chondriome normal, dans cette cellule, est constitué par des chondriocontes très fins et des chondriomites ténus disposés entre les globules de graisse et répartis dans toute la cellule. Dans la cellule en voie d'infection, on observe d'abord que les chondriocontes se fragmentent et donnent naissance, comme dans la grasserie du Ver à soie, à des granules très petits; les granules s'accumulent ensuite dans certaines parties du cytoplasme, semblent gonfler puis se fondre en une masse plus ou moins

(¹) Séance du 4 mai 1925.

(²) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1353.

homogène colorable en rouge par la fuchsine; cette masse s'étire, se divise et se ramifie, donnant ainsi naissance à une sorte de réseau dont l'aspect est semblable à celui des corps réfringents observés à l'état frais. Il semble donc, d'après ces observations, que les corps réfringents résultent directement d'une altération du chondriome des cellules sensibles à l'infection.



Transformation en cellules géantes, d'œnocytoïdes du sang de Piéride atteinte de la maladie du noyau. *a*, œnocytoïde au début de la transformation (fusion de quelques chromosomes); *b*, *c*, *d*, phases successives de la multiplication du noyau principal; *e*, cellule géante multinucléée.

Si l'on colore par la méthode de Kull des coupes provenant de chenilles infestées fixées par le mélange de Dubosq-Brasil, on constate que les corps réfringents se colorent électivement en rouge; les couronnes, observées très fréquemment à l'état frais dans les micronucléocytes, apparaissent avec une netteté particulière. Ce fait pourrait constituer un argument contre la théorie de l'origine mitochondriale des corps réfringents s'il était prouvé que les liquides fixateurs renfermant de l'acide acétique détruisent le chondriome; mais cette démonstration n'est pas faite. Nous avons fréquemment observé, au contraire, que dans les coupes traitées comme il vient d'être indiqué, le chondriome de certains tissus, comme le tissu musculaire, était assez bien conservé et se colorait en rouge par la fuchsine acide. On peut aussi faire observer que la substance qui constitue les corps réfringents n'est vraisemblablement plus la même que celle dont les mitochondries normales sont formées; sa résistance à l'action des fixateurs peut être augmentée de même que son affinité pour la fuchsine acide.

Les altérations nucléaires sont moins caractéristiques que dans la grasserie du Ver à soie; on observe cependant, comme dans cette dernière

maladie, une sorte de concentration de la substance nucléaire et la formation de masses plus ou moins grosses très chromatophiles. La destruction des micronucléocytes et des œnocytoïdes du sang est plus rapide que dans les autres maladies du noyau. En dehors de cette destruction cellulaire, on peut observer des phénomènes de multiplication nucléaire et la formation de cellules géantes multinucléées. Seuls, les œnocytoïdes sont le siège de tels phénomènes; la multiplication des noyaux n'a pas lieu suivant un type bien défini : dans un certain nombre de cellules, on observe que les noyaux secondaires résultent d'une sorte de pulvérisation de la chromatine du noyau principal; c'est le cas figuré en *c*; dans d'autres cellules, on observe des figures qui rappellent certaines phases de la division caryocinétique; ces figures sont nombreuses dans la cellule géante figurée en *e*. On peut rapprocher la formation de ces cellules géantes de celles qui apparaissent dans le sang des chenilles de Piérides parasitées par les *Apanteles* et dont nous avons signalé pour la première fois l'existence en 1918 ([1]). Les unes et les autres dérivent des mêmes éléments du sang : les œnocytoïdes; mais les premières sont multinucléées et sont détruites très rapidement, alors que les autres sont uninucléées, résistent à l'action du virus et possèdent un chondriome très développé qui ne subit aucune altération au cours de l'évolution de la maladie.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

([1]) *C. R. Soc. Biologie*, **81**, 1918, p. 187.

ERRATA.

(Séance du 25 mai 1925.)

Note de M. *Paul Pascal*, Recherches magnétochimiques sur la formation des chaînes fermées et des groupements nucléaires dans les composés organiques :

Page 1596, dernière ligne, *au lieu de* +14,5, *lire* —14,5.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mai 1925 (*suite*).

Lessons on soil, by E. J. Russell. Cambridge, University Press, 1922; 1 vol. 20cm.

Farm soil and its improvement, by John Russell. London, Ernest Benn, 1923; 1 vol. 21cm.

The micro-organisms of the soil and others, by John Russell London, Longmans, Green and Co, 1923; 1 vol. 22cm.

Lampes, tubes et valves électriques; étude des caractéristiques; construction; essais; usages, par H. Pécheux. Paris, Delagrave, 1925; 1 vol. 25cm,5.

La télégraphie sans fil, la téléphonie sans fil, applications diverses, par G.-E. Petit et Léon Bouthillon. Paris, Delagrave, 1925; 1 vol. 25cm,5.

Astronomia geodetica, geodesia e topografia, par G. Abetti, A. Alessio, C. Antilli, J. A. Spranger, N. Venturi Ginori, H. Wood. Bologna, Nicola Zanichelli, 1925; 1 vol. 31cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 JUIN 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Nous subissons cette année des pertes vraiment trop cruelles. Au moment où nos troupes luttent avec héroïsme sur le territoire marocain, disparaît un de ceux qui avaient le plus exploré ce territoire et qui, par sa connaissance parfaite de la contrée, pouvait le mieux servir de ses lumières ceux qui défendent là-bas, avec la civilisation, les intérêts de notre pays. **Louis Gentil** vient de mourir ! A cette heure plus qu'à toute autre époque, sa perte est particulièrement déplorable, car elle frappe directement la nation à travers la Science.

Dans sa chambre où une maladie multiforme le retenait depuis des mois, Gentil a dû suivre avec une angoisse particulière les nouvelles qui nous parvenaient du nord de l'Afrique. Car il a été plus que tout autre le Français fils de cette terre. Il voit le jour, fait ses études et conquiert ses licences dans la métropole algérienne, puis, en 1892, il vient à Paris où l'attire son goût pour les recherches géologiques, le renom du pétrographe Fouqué et celui naissant de M. A. Lacroix. Il vient à Paris, mais ce n'est qu'un point de départ pour mieux connaître le Nord africain. Sur le conseil de ses maîtres, il entreprend l'étude de la vaste région volcanique comprise entre la ville d'Oran et la frontière marocaine. Ce sera pour lui un magnifique sujet de

thèse, mais aussi une orientation vers ce qui fut sa destinée. Il a entrevu le Maroc, il en soupçonne l'intérêt, il attend avec impatience l'occasion d'y pénétrer. Elle se présente avec l'accord franco-anglais du 8 avril 1904; il en profite tout de suite pour pénétrer en pèlerin musulman dans le Rif occidental, et s'aventurer plus au Sud par les cols qu'il franchit jusqu'à six fois; et depuis lors, dans six missions successives, nous le trouvons partout où s'élabore l'histoire franco-marocaine : à Casablanca où son compagnon le Dr Mauchamp est assassiné, à Oudjdah auprès du général Lyautey, en Chaouia auprès du général d'Amade, à Agadir deux années avant l'affaire, dans la vallée de la Moulouya où il rejoint Lyautey qui l'estime et qui en 1913 le nomme Conseiller scientifique du protectorat français au Maroc. Il devient alors un peu plus sédentaire, et profite de ce répit pour se consacrer davantage à la Sorbonne, où il est Maître de Conférences, aussi pour mettre au point et faire connaître ses amples récoltes.

A part quelques études du début, tous les travaux de Gentil sont consacrés au nord de l'Afrique, surtout à la géographie physique, à la pétrographie et à la géologie du Maroc. Nul mieux que lui n'a fait connaître l'Atlas marocain, et le rôle qu'il joua aux temps tertiaires par sa dépression Fez-Tazza, pour faire communiquer, avant Gibraltar, la Méditerranée et l'Atlantique. On lui doit la connaissance, jusqu'alors insoupçonnée, des volcans du Maroc central, et, après le P. de Foucauld qui l'avait entrevu, celle du Siroua, volcan tertiaire comparable à l'Etna par sa masse, au Cantal par la nature de ses roches. Gentil nous laisse 8 cartes topographiques et 11 cartes géologiques du Maroc, de nombreux travaux sur les richesses naturelles de ce pays, et les spécimens de ces richesses dont il avait enrichi nos Musées. Il fut nommé à la chaire de géographie physique à la Faculté des Sciences en 1919, et entra dans notre Compagnie en 1919 dans la Section de Géographie et de Navigation, où sa place était tout indiquée. Pourquoi n'a-t-il pas occupé plus longtemps ces deux sièges où il rendait de précieux services?

Il meurt jeune, 57 ans, en pleine période de production scientifique, au moment où se manifeste plus que jamais l'importance de l'œuvre accomplie au Maroc par le grand Maréchal qui représente magnifiquement là-bas l'esprit et l'autorité de la France. Il a été l'un des meilleurs collaborateurs de cette œuvre et sans doute le plus passionné; car il ne se donnait point à demi : son activité juvénile, son esprit pénétrant, sa parole à la fois douce et prenante, son regard aigu, il a mis tout cela au service du Maroc pour

la gloire de la France; tout cela, et davantage encore, peut-être, car sa maladie fut mystérieuse, et les pays inexplorés réclament souvent un terrible tribut à ceux qui leur ont ravi des secrets.

J'adresse les condoléances de l'Académie à la veuve et à la famille de notre regretté Confrère.

En même temps qu'elle frappait chez nous, la mort faisait une victime chez nos amis de Belgique, dans la personne du Dr **Depage**, chirurgien des hôpitaux de Bruxelles et Correspondant dans notre Section de Médecine.

Le nom du Dr Depage est étroitement lié à celui de la grande guerre. Les travaux de ce chirurgien sont nombreux, mais les plus importants ont trait aux blessures produites par les armes et au traitement de ces blessures. Il s'était particulièrement occupé de l'organisation des hôpitaux et, durant la guerre balkanique, assuma la direction de l'ambulance établie par la Belgique à Constantinople.

Durant la grande guerre, il mit au service des Alliés la profonde expérience qu'il avait ainsi acquise en installant à La Panne, près de la frontière, un hôpital de 800 lits qui passait à juste titre pour un modèle d'installation chirurgicale. A combien de soldats n'a-t-il pas alors conservé la vie et rendu la santé?

Rien ne pouvait l'abattre, ni les angoisses patriotiques, ni la mort de Mme Depage qui, revenant de New-York où elle était allée pour ses compatriotes en détresse, fut une des victimes du *Lusitania*.

Nous ne voyons pas disparaître sans regrets cet homme de haut devoir qui donna le meilleur de lui-même, et toute sa science, à la plus noble des causes. Nous adressons nos condoléances à sa famille et à sa patrie.

Je lève la séance publique en signe de deuil.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les pouvoirs rotatoires de certains dérivés du camphre.* Note de MM. **A. Haller** et **René Lucas**.

La présente Note a pour objet de donner les premiers résultats d'une étude d'ensemble faite sur les pouvoirs rotatoires de certains dérivés du camphre en relation avec leur constitution chimique et, d'autre part, de suivre l'influence des dissolvants sur ces pouvoirs rotatoires. Les corps ci-

dessous étudiés sont soit du type benzylidènecamphre, soit du type benzylcamphre.

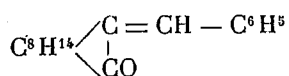
Les mesures ont été faites à l'aide d'un polarimètre de Jobin muni d'un séparateur de radiations de Bruhat. Le dispositif à pénombre est constitué par une lame de spath convenablement taillée et qui remplace avantageusement le prisme de Lippich. Le tube d'observation pouvait être maintenu au voisinage de 19° à l'aide d'un thermostat.

Outre les radiations fournies par l'arc à mercure (5780, 5460 et 4358 UÅ) nous avons utilisé celle des arcs flammes donnant les raies du sodium et celles du lithium (6708, 6103, 4602 UÅ). Pour simplifier la dénomination des radiations nous adopterons les abréviations suivantes

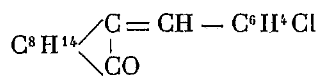
	R.	O.	D.	J.	V.	B.	I.
λ en UÅ...........	6708	6203	5893	5780	5460	4602	4358

Les solutions employées étaient à la concentration d'environ 0g,5 dans 50cm³ de solution.

Benzylidènecamphre

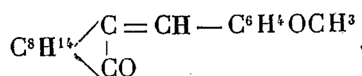


Benzylidènecamphre ortho-chloré

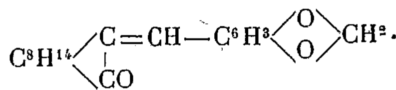


λ.	Benzylidènecamphre — Dans l'alcool ordinaire [α].	Benzylidènecamphre — Dans le benzène [α].	Ortho-chloré — Dans l'alcool [α].	Ortho-chloré — Dans le benzène [α].
R....	304	289	225	235
O....	388	369	288	297
D.....	426	406	317	326
J.....	451	429	334	346
V....	527	502	392	402
B.....	882	832	650	654
I.....	1042	972	760	747

Anisylidènecamphre

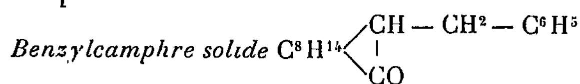


Pipéronylidènecamphre

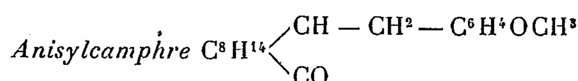


λ.	Anisylidènecamphre — Dans l'alcool [α].	Anisylidènecamphre — Dans le benzène [α].	Pipéronylidènecamphre — Dans l'alcool [α].	Pipéronylidènecamphre — Dans le benzène [α].
R....	349	321	323	302
O....	449	415	418	388
D.....	496	456	460	429
J.....	517	486	489	454
V....	623	571	580	539
B....	1098	986	1039	939
I.....	1338	1175	1220	1128

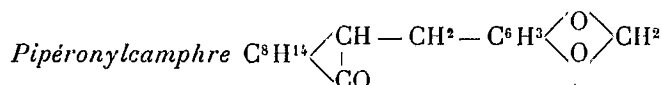
L'examen de ces valeurs montre des écarts relatifs de l'ordre de 5 à 6 pour 100 entre les valeurs des pouvoirs rotatoires d'un même corps pris dans les deux dissolvants. L'étude des alcoylcamphres correspondants (benzyl, anisyl et pipéronylcamphre) ayant montré des écarts plus importants du pouvoir rotatoire suivant le dissolvant, nous mentionnons les valeurs trouvées avec le cyclohexane et le sulfure de carbone qui donnent les pouvoirs rotatoires les plus différents.



λ.	[α] dans C^2H^6O.	[α] dans C^6H^6.	[α] dans CS^2.	[α] dans C^6H^{12}.	$\frac{\delta}{\Delta}$.
R	104	78,77	58,05	109,4	0,596
O	132	101,8	76,2	137,8	0,584
D	147	112,2	83,6	152,4	0,584
J	153	118,1	88,4	160,5	0,588
V	182	141,3	105,5	189,0	0,571
B	315	251,2	194,7	325,1	0,566
I	384	310,6	243,9	395,8	0,560



λ.	[α] dans C^2H^6O.	[α] dans C^6H^6.	[α] dans CS^2.	[α] dans C^6H^{12}.	$\frac{\delta}{\Delta}$.
R	86	63,7	42,1	99,1	0,621
O	110	82,3	54,9	126	0,617
D	120	91,3	61,9	138,1	0,613
J	127	96,8	67,0	148,3	0,636
V	151	115,5	80,1	174,8	0,628
B	266	213	157,2	305,6	0,625
I	326	267,6	201,6	375	0,621



λ,	[α] dans C^2H^6O.	[α] dans C^6H^6.	[α] dans CS^2.	[α] dans C^6H^{12}.	$\frac{\delta}{\Delta}$.
R	116	88,1	65,53	113,8	0,534
O	147	113,6	86,2	145	0,534
D	163	125,4	95,8	159,9	0,540
J	172	133,3	101,6	168,4	0,526
V	203	158,3	122,2	198,3	0,526
B	358	285,7	229,6	346,3	0,520
I	442	353,8	284,7	421,5	0,495

Ces divers tableaux numériques montrent que le pouvoir rotatoire peut varier beaucoup suivant le dissolvant. La quantité

$$\frac{\partial}{\Delta} = \frac{[\alpha]_{C^6H^{12}} - [\alpha]_{C^6H^6}}{[\alpha]_{C^6H^{12}} - [\alpha]_{CS^2}}$$

varie relativement peu avec la longueur d'onde et peut, en première approximation, être considérée comme constante.

L'invariance de cette quantité vis-à-vis de la longueur d'onde se vérifierait encore mieux si, au lieu de comparer le benzène, le sulfure de carbone et le cyclohexane, on comparait ces deux derniers pris isolément, à leur mélange. Tout se passe donc comme si l'on avait, dans les différents solvants, deux formes actives différentes, puisque cette propriété d'invariance de $\frac{\partial}{\Delta}$ est, comme l'a montré M. Darmois ([1]), une conséquence de la loi de Biot pour des mélanges de deux corps actifs. Ces changements de pouvoirs rotatoires sont à rapprocher de ceux que manifestent les acides tartriques et maliques.

BOTANIQUE. — *Une vieille culture asymbiotique au Muséum.* Note de M. J. COSTANTIN.

La question de la culture des plantes asymbiotiques passionne actuellement le monde horticole; des intérêts financiers sont liés à cette entreprise pour l'élevage des Orchidées; d'autre part les résultats des expériences en train, qui peuvent exiger plusieurs années, préoccupent à juste titre tous les biologistes.

A ce propos, je crois utile de mentionner une culture asymbiotique ancienne du *Psilotum triquetrum* au Muséum. Comme les essais faits par les praticiens, en appliquant les méthodes de Noël Bernard, sont récents, la *durée* manque à presque toutes les tentatives actuellement en cours.

Il me semble donc intéressant de faire connaître les constatations faites pendant une culture asymbiotique qui dure certainement *depuis près de trente ans* ([2]).

([1]) *Thèse de doctorat*, 1910.

([2]) Peut-être même depuis *quatre-vingt-dix-sept ans au Muséum*, mais il s'agit certainement dans ce cas d'autres pieds que celui qui va être mentionné. Les cultures *périclitent* certainement souvent sans que ce soit la faute des jardiniers.

Le 9 avril 1907 ([1]), j'ai envoyé à Noël Bernard un pied de *Psilotum triquetrum* à la Faculté des sciences de Caen. Il a constaté que la plante n'avait pas de Champignons dans sa partie souterraine ([2]) et a noté que la plante *ne produisait pas de fructification*.

La plante expédiée ainsi était cultivée en pot, et c'est M. Poupion, actuellement chef des serres, qui l'avait transplantée en 1898 et qui l'a suivie avec une attention et un soin méritoire depuis cette époque. Elle poussait en 1897 dans un bac où était cultivée une Thyméléacées, le *Synaptolepis Kirkii* qui avait été récolté près de Zanzibar par le Père Sacleux et les graines envoyées à Maxime Cornu, professeur de culture au Muséum (1884-3 avril 1901) sous le nom indigène de « Mtapisho » (envoi de 1895). En faisant la transplantation, M. Poupion avait éliminé, sans s'en douter, le Champignon symbiotique; il était alors ouvrier, mais il savait par son chef, M. Gérôme, que les *Psilotum* sont des plantes qui se conservent, mais ne se cultivent pas. Son expérience de multiplication a réussi, et l'on comprend qu'il ait suivi son rejeton avec un soin jaloux. Il a constaté que la plante était délicate et *ne fructifiait pas* (comme l'avait dit Noël Bernard); il a cependant vu *deux fois* (une fois avant la guerre, une fois il y a deux ou trois ans) *un seul synangium*.

Le substratum primitif n'avait qu'une importance très faible pour la Lycopodiacée. En 1827, Kaulfuss ([3]) a signalé le *Psilotum* sur racines de Palmiers. Solms-Laubach l'indique ([4]) sur Fougères (*Asplenium esculentum* Forst) ([5]); sur tronc de Fougères et racines de Cocotier d'après Lang ([6]). Solms-Laubach mentionne *la non-fructification* du *Psilotum* cultivé en bac; il a suivi attentivement l'effet de la transplantation, la plante peut rester trois ans sans nouvelles pousses aériennes; Solms-Laubach signale que pendant sa vie souterraine la plante est saprophyte, les pousses aériennes sont d'abord extrêmement faibles; dans les conditions de vie normale (avec Champignon évidemment) ce n'est qu'après une longue durée que la pousse fructifère se montre et alors « le plus petit trouble agit sur son développement », elle peut rester pendant des

---

([1]) D'après le registre de sortie du Service des serres.

([2]) J.-M. Janse, *Les endophytes radicaux de quelques plantes javanaises* (*Ann. Jard. bot. Buitenzorg*, 14, 1896, p. 61).

([3]) G.-F. Kaulfuss, *Das Wesen der Farnen kräuter*, 1827, p. 10.

([4]) Solms-Laubach, *Der Auftreten des Stockes von* Psilotum triquetrum *und dessen Entwickelung aus der Brutknospe* (*Ann. Jard. bot. Buitenz.*, 4, 1884, p. 139).

([5]) Un exemplaire poussait sur tronc de Fougère arborescente dans la serre aux Fougères du Muséum en 1894 (d'après M. Gérôme). Il devait être mort en 1898.

([6]) William-H. Lang, *On a Prothallus provisionally refered to* Psilotum (*Ann. of Bot.*, 18, 1904, p. 574).

années sans tige fructifère et l'auteur signale l'influence manifeste des rempotages (Umtopfen, à la page 174) répétés sur ce résultat. Il insiste sur ce point que les rapports de l'apparition des fructifications avec les conditions extérieures sont inconnus.

Ce n'est que par des soins extrêmement grands et par une habileté incontestable que l'on empêche les plantes de mourir ([1]).

M. Bois, professeur actuel de culture, se rappelle très bien l'existence du *Psilotum* du temps de Decaisne (1850-1882). J'ai pu d'ailleurs consulter un Catalogue manuscrit conservé au service de la culture, fait en 1850, où la plante figure.

Elle est relevée également dans la troisième édition du *Catalogus plantarum* de Desfontaines, de 1828. Le *Psilotum* était cultivé alors au Jardin des Plantes.

L'introduction première de la plante dans les cultures européennes remonte à 1793 (Loddiges, *Bot. Cabinet*, 1916, il écrit : « it may be *potted* » et à l'origine poussait sur *Cycas revoluta*).

Il résulte de cette dernière remarque que le *Psilotum* est peut-être cultivé asymbiotiquement depuis 132 ans.

Il se peut que le Champignon installé dans la plante fabrique des vitamines en l'absence desquelles la plante meurt (cas du *Liparis Lœselii*, d'après Huber, Bruno) ou ne croît plus par manque d'auximones (Bottomley, Miss Mockerridge) ou ne produit plus de fructification car il y a peut-être des vitamines florifères et fructifères (entrevues probablement par Sachs).

HISTOIRE DES SCIENCES. — *A propos de l'invention du Cinématographe.* Note de M. Louis Lumière.

Dans une Communication faite à l'Académie des Sciences le 8 juin, communication ayant pour titre *L'invention du Cinématographe*, l'auteur, après avoir donné une définition qui ne correspond, en réalité, qu'à la chronophotographie analytique, cite un certain nombre de phrases prises dans diverses communications de Marey à l'Académie. Les textes auxquels il se réfère se rapportent aux réalisations du grand physiologiste dans le domaine de l'analyse du mouvement par la chronophotographie. L'auteur, faisant table rase de tous travaux autres que ceux de Marey, lui attribue, dans des conclusions qu'il voudrait péremptoires et qui, nous semble-t-il, ne sont que tendancieuses, la paternité intégrale du cinématographe.

([1]) M. Poupion a relevé un mort en février 1914. J'ai mentionné plus haut l'échantillon disparu brusquement, qui poussait sur tronc de Fougères (entre 1894 et 1897).

Or, en ce qui regarde la synthèse du mouvement, il met systématiquement de côté l'élément capital de la question, résidant dans la réalisation d'un dispositif cinématique susceptible de permettre d'une façon correcte la substitution rapide d'une image élémentaire à la précédente avec un rendement lumineux suffisant pour permettre la projection, dispositif sans lequel il est incontestable que le cinématographe, dans l'acception que l'on donne à ce vocable, n'existerait pas.

Marey a consacré sa vie, on peut le dire, à l'analyse du mouvement et des phénomènes physiologiques à l'aide de la chronophotographie, mais il n'a jamais réalisé un tel dispositif de synthèse qui ne l'intéressait d'ailleurs que secondairement. Personne ne peut nier, pourtant, que les conditions indispensables exposées plus haut pour la réalisation complète de cette synthèse aient été remplies pour la première fois d'une façon complète par le cinématographe Lumière.

Nous n'entrerons pas dans de plus longues discussions sur ce point et désirons seulement, pour éclairer l'Académie, mentionner quelques citations tirées d'ouvrages ou de documents officiels. Ces citations, il y a lieu de le souligner, sont, pour la plupart, empruntées à Marey lui-même.

Dans son remarquable Ouvrage ayant pour titre *Le Mouvement* (1894, p. 102), Marey, avec une parfaite loyauté, dit ce qui suit :

Depuis son invention, la photographie sert à comparer au moyen d'images authentiques, le présent avec le passé....

Mais c'est M. Janssen qui, le premier, dans un but scientifique, imagina de prendre automatiquement une série d'images photographiques pour représenter les phases successives d'un phénomène. C'est donc à lui que revient l'honneur d'avoir inauguré ce qu'on appelle aujourd'hui la chronophotographie sur plaque mobile.

Il s'agissait de déterminer les positions successives de la planète Vénus à différents instants de son passage sur le disque du Soleil. Notre savant confrère créa, pour cet usage, son revolver astronomique dans lequel une plaque sensible de forme circulaire se déplaçait de temps en temps d'un angle de quelques degrés et recevait, chaque fois, une image nouvelle, sur un point différent de sa surface....

Après avoir ensuite exposé la méthode de Muybridge, Marey dit encore (p. 109) :

Nous entreprîmes alors de réaliser un appareil basé sur le principe de celui de M. Janssen, mais capable de donner une série d'images à des intervalles de temps très courts ($\frac{1}{12}$ de seconde au lieu de 70 secondes qui séparaient les images du revolver astronomique) afin de saisir les phases successives d'un mouvement de l'aile.

Or l'illustre astronome Janssen, au Congrès de l'Union des Sociétés

photographiques de France, tenu en 1895 ([1]), terminait ainsi qu'il suit son discours de clôture le 12 juin 1895 :

Le gros événement de cette session a été le résultat obtenu en photographie animée par MM. Lumière. Dans cette voie, on connaissait surtout les intéressants résultats obtenus par M. Muybridge et M. Edison. Mais un tableau animé créé par ces inventeurs ne pouvait être perçu que d'une personne à la fois. Avec MM. Lumière, c'est toute une assemblée qui est appelée à jouir de l'étonnante illusion.

Le point de départ de cette nouvelle branche de la photographie est le Revolver photographique inventé à l'occasion du passage de Vénus sur le Soleil en 1874.

En présentant cet instrument à la Société de Photographie, en 1876, l'auteur (Janssen) insiste sur les applications qu'il pouvait recevoir pour l'étude des phases successives d'un phénomène variable et spécialement pour l'étude de la marche, de la course, du vol, etc.

On sait avec quel succès l'éminent président actuel de l'Académie des Sciences et de la Société française de Photographie (M. Marey) s'est emparé du principe de l'instrument qu'il a d'ailleurs complètement transformé.

Mais, Messieurs, si le Revolver et ses dérivés nous donnent l'analyse d'un mouvement par une série de ses aspects élémentaires, les procédés qui permettent de réaliser par la photographie l'illusion d'une scène animée doivent-ils aller plus loin. Il faut qu'après avoir fixé photographiquement tous les aspects successifs d'une scène en action, il réalise une synthèse assez rapide et assez exacte pour offrir à notre vue l'illusion de la scène elle-même et telle que la nature nous l'eût présentée.

C'est ici, Messieurs, que grâce à MM. Lumière, la photographie — que je proposerai de nommer la photographie animée pour la distinguer de la photographie analytique des mouvements — a fait un pas considérable. Aussi, Messieurs, réjouissons-nous toujours, et de plus en plus que cet art merveilleux soit né en France, et applaudissons de tout cœur lorsqu'il s'enrichit chez nous de quelque branche nouvelle. Honneur donc aujourd'hui à MM. Lumière frères.

Marey lui-même, dans une Communication faite le 22 août 1897 au Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne et ayant pour titre *Nouveaux développements de la Chronophotographie* ([2]), déclare :

De mon côté, je cherchais à produire une synthèse optique du mouvement. MM. A. et L. Lumière ont, les premiers, réalisé ce genre de projection avec leur cinématographe.

D'autre part, dans une Communication faite à la suite d'une conférence sur la Chronophotographie, au Conservatoire des Arts et Métiers, en 1899 ([3]), Marey s'exprime ainsi :

([1]) *Bulletin de la Société française de Photographie*, 2e série, 11, 1895, p. 423.

([2]) *Compte rendu des séances du Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne.*

([3]) *Bulletin de la Société française de Photographie*, 2e série, 15, 1899, p. 275.

Après avoir rappelé les premières études de mon confrère Janssen, les beaux résultats obtenus par Muybridge au moyen d'une série de photographies instantanées faite avec les appareils multiples, j'ai exposé mes propres travaux....

... Le Kinétoscope fut bientôt supplanté par l'admirable instrument de MM. Lumière, universellement connu sous le nom de Cinématographe, qui était la réalisation du Chronophotographe projecteur.

Le légitime succès du cinématographe suscita un nombre considérable d'imitateurs.

Dans son rapport sur l'exposition d'instruments et d'images relatif à l'histoire de la Chronophotographie (Musée de la Classe 12 à l'Exposition universelle de 1900), Marey, parlant du cinématographe Lumière, dit encore :

Cet instrument donna enfin la solution cherchée, c'est-à-dire la projection sur un écran de scènes animées visibles pour un nombreux public et donnant l'illusion parfaite du mouvement.

Le succès de cette invention fut immense et ne s'est pas ralenti.

Enfin, dans le rapport du Comité d'installation de la Classe 12, que présidait Marey à l'Exposition de 1900, on peut lire sous la signature des deux rapporteurs MM. Davanne, président de la Société française de Photographie, et Bucquet, président de Photo-Club :

Par une série d'inventions, d'améliorations, de modifications successives, MM. Lumière ont transformé les méthodes et les appareils. Ils ont créé le Cinématographe.

Telles sont les citations qu'il nous a paru nécessaire de rappeler. Leur origine leur donne, nous semble-t-il, une valeur et une importance capitales pour la mise au point de l'histoire de la création du cinématographe.

En les soumettant au jugement des membres de l'Académie, nous leur laissons le soin d'en tirer les conclusions qui leur paraîtront conformes à la logique et à l'équité.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la probabilité dans un cercle.* Note de M. J. HAAG, présentée par M. Émile Borel.

1. Considérons d'abord un point M, dont la position dans le plan obéit à la loi de Gauss, avec les unités principales d'écart α et β $(\alpha \leqq \beta)$ et le centre O. La probabilité P pour que ce point soit dans un cercle de centre O et de rayon R est donnée par la formule suivante

$$P = \frac{2\alpha\beta}{\beta^2 - \alpha^2}\int_0^z e^{-kt}K(t)\,dt, \tag{1}$$

en posant

$$k = \frac{\alpha^2 + \beta^2}{\beta^2 - \alpha^2}, \qquad z = R^2\frac{\beta^2 - \alpha^2}{2\alpha^2\beta^2} \tag{2}$$

et désignant par $K(t)$ la fonction de Bessel $J_0(it)$, qui satisfait à l'équation différentielle $K''t + K't - Kt = 0$ et dont le développement en série entière est

$$K(t) = \sum_{n=0}^{\infty}\frac{\left(\frac{t}{2}\right)^{2n}}{(n!)^2}.$$

En utilisant ce développement et posant

$$G_m(x) = \frac{1}{m!}\int_0^x e^{-t}t^m\,dt = 1 - e^{-x}\left(1 + x + \ldots + \frac{x^m}{m!}\right),$$

on obtient

$$P = \frac{2\alpha\beta}{\alpha^2 + \beta^2}\sum_{n=0}^{\infty}C_{2n}^n\frac{G_{2n}(kz)}{(2k)^{2n}}. \tag{3}$$

On a aussi

$$P = z(AK' - KA'), \tag{4}$$

en posant

$$A = \int_0^x e^{-z\,\mathrm{ch}\,u}\,du, \qquad k = \mathrm{ch}\,x,$$

et désignant par des lettres accentuées les dérivées par rapport à z.

2. Supposons maintenant $\alpha = \beta = 1$ et évaluons la probabilité $P(a, R)$ dans un cercle C de rayon R et dont le centre O′ est à la distance a de O. On a les formules suivantes :

$$P(a, R) = e^{-a^2}\int_0^R K(2ar)\,d(-e^{-r^2}), \tag{5}$$

$$P(a, R) = e^{-a^2}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{a^{2n}}{n!}G_n(R^2), \tag{6}$$

$$P(a, R) = e^{-a^2-R^2}\sum\sum\frac{R^{2m}a^{2n}}{m!\,n!} \qquad (0 \leqq n < m < \infty), \tag{7}$$

$$P(a, R) + P(R, a) = 1 - e^{-a^2-R^2}K(2aR), \tag{8}$$

$$P(a, a) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}e^{-2a^2}K(2a^2), \tag{9}$$

$$\frac{\partial P}{\partial a} = -2R\,e^{-a^2-R^2}K'(2aR), \qquad \frac{\partial P}{\partial R}K'(2aR) + \frac{\partial P}{\partial a}K(2aR) = 0. \tag{10}$$

L'identité (8) permet de ne faire le calcul direct de $P(a, R)$ que pour $a < R$ par exemple.

3. Si a et R deviennent infiniment grands, ainsi que la différence $\alpha = R - a$, P est asymptotique à

$$1 - \frac{e^{-\alpha^2}}{2\alpha}\sqrt{\frac{R}{\pi a}}\left(1 + \frac{1}{4\alpha R} - \frac{1}{2\alpha^2} + \frac{1}{16aR} + \ldots\right).$$

Si c'est au contraire $\beta = a - R$ qui devient infini, P est asymptotique à

$$\frac{e^{-\beta^2}}{2\beta}\sqrt{\frac{R}{\pi a}}\left(1 + \frac{4a^3 - 11a^2R - 2aR^2 + R^3}{16aR^2\beta^2} + \ldots\right).$$

Si $R - a$ tend vers une limite finie α, P est asymptotique à

$$1 - \frac{1}{2}\sqrt{\frac{R}{a}}\left[1 - \Theta(\alpha) + \frac{\Theta'(\alpha) - 2\alpha + 2\alpha\Theta(\alpha)}{4R} + \frac{1 - \Theta(\alpha)}{16aR} + \ldots\right].$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces dont un nombre fini ou infini d'asymptotiques appartiennent à un complexe linéaire.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. Goursat.

1. J'ai rappelé dans ma Note précédente [1] qu'en général une surface S, réglée ou non, n'admet qu'un nombre fini de points M où le plan tangent

[1] *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1567.

est aussi polaire de M relativement à un complexe linéaire *donné* H; si exceptionnellement S possède toute une courbe γ de tels points M, γ est une asymptotique particulière de S. Or, même sans connaître *a priori* H, on peut, par différentiations et éliminations, déterminer toute asymptotique de cette espèce sur S, au cas où il en existe. Il peut en exister une ou plusieurs en nombre fini, appartenant soit au même complexe, soit à des complexes différents; il peut arriver que toutes les asymptotiques d'une même famille appartiennent chacune à un complexe linéaire, variable bien entendu en passant de l'une à l'autre : dans ce cas z, considéré sur S comme fonction de x et y, vérifie une équation aux dérivées partielles d'ordre 5 et, sur une surface solution de cette équation, chaque asymptotique de la famille en jeu se détermine isolément par simples différentiations et éliminations. La propriété peut avoir lieu pour une seule famille, ou pour les deux. J'indiquerai un exemple explicite. Le cas des surfaces réglées a été résolu par M. Picard, comme je le rappelle dans la Note citée plus haut.

2. Soit $A(x, y)$ une racine de l'équation $r + 2sA + tA^2 = 0$, où p, q, r, s, t ont le sens habituel; nous remarquerons que

$$s + tA = -\left(\frac{r}{A} + s\right) = \sqrt{s^2 - rt} \equiv \rho,$$

ρ étant employé pour abréger l'écriture; je pose encore

$$\left\{\begin{array}{l} \rho_1\left(\dfrac{\partial\rho}{\partial x} + A\dfrac{\partial\rho}{\partial y}\right) \equiv \rho, \qquad \alpha \equiv 1 + 2\left(\dfrac{\partial\rho_1}{\partial x} + A\dfrac{\partial\rho_1}{\partial y}\right), \\ \beta = A\alpha + 2\rho_1\left(\dfrac{\partial A}{\partial x} + \dfrac{\partial A}{\partial y}A\right). \end{array}\right.$$

Nous partons des équations

$$\text{(I)} \quad m + nq + a(yq - z) - bxq + cx = 0, \qquad 1 + np + ayp + b(z - xp) - cy = 0$$

exprimant la coïncidence, tout le long de l'asymptotique, du plan tangent et du plan polaire par rapport au complexe $(a, b, c, 1, m, n)$, dont les coefficients $a, \ldots, n$ restent constants le long de l'asymptotique; nous différentions les équations (I) le long de cette asymptotique, en remplaçant dx par 1, dy par A. Les deux équations (I) donnent le même résultat

$$\text{(II)} \qquad (n + ay - bx)\rho + c - ap - bq = 0.$$

Le même procédé de différentiation appliqué deux fois à (II) donne

$$\text{(III)} \qquad n + ay - bx + 2(Aa - b)\rho_1 = 0,$$

$$\text{(IV)} \qquad a\beta - b\alpha = 0.$$

Les cinq équations (I) à (IV) permettent de calculer a, b, c, m, n.

Cela posé, formons l'expression ω, contenant z et ses dérivées jusqu'à l'ordre 5

$$\omega = \beta\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x} + A\frac{\partial\alpha}{\partial y}\right) - \alpha\left(\frac{\partial\beta}{\partial x} + A\frac{\partial\beta}{\partial y}\right).$$

Premier cas $\omega \not\equiv 0$. — Les équations $\omega = 0$ et $\frac{\partial\omega}{\partial x} + A\frac{\partial\omega}{\partial y} = 0$, qui ne contiennent plus que x et y, quand z a été remplacé par son expression en x et y, n'auront, en général, qu'un nombre fini de solutions : il n'y a aucune asymptotique de l'espèce indiquée. Si, au contraire, ces deux équations définissent dans le plan xOy deux courbes ayant une partie commune, cette partie commune est la projection d'une asymptotique de l'espèce cherchée; si la partie commune se décompose, on a même plusieurs asymptotiques : en tout cas, cette ou ces asymptotiques isolées sont déterminées, isolément, par différentiations et éliminations.

Second cas $\omega \equiv 0$. — Toutes les asymptotiques de la famille $dy - A\,dx = 0$, où ρ a la détermination adoptée dans les calculs qui précèdent, ont la propriété indiquée; en égalant à une constante arbitraire $\frac{\beta}{\alpha}$, on définit chacune isolément.

3. Un exemple simple correspond au cas où x, y, z étant exprimés en u, v, la famille $v =$ const. définit des cubiques gauches, asymptotiques de la surface. La polaire réciproque de la surface est encore une solution du même type. Si les coordonnées homogènes sont

$$X_0 u^3 + 3X_1 u^2 + 3X_2 u + X_3; \qquad Y_0 u^3 + 3Y_1 u^2 + 3Y_2 u + Y_3;$$
$$Z_0 u^3 + \ldots; \qquad T_0 u^3 + \ldots,$$

où les X, Y, Z, T ne dépendent que de v, il suffit d'exprimer que le polynome en u de degré 6 au plus

$$| X_0 u + X_1 \quad X_1 u + X_2 \quad X_2 u + X_3 \quad X'_0 u^3 + 3X'_1 u^2 + 3X'_2 u^2 + X'_3 |$$

est identiquement nul; la discussion, aisée, livre des surfaces dépendant de quatre fonctions arbitraires d'une variable. L'hypothèse plus particulière

$$T_0 \equiv T_1 \equiv T_2 \equiv 0, \qquad T_1 \equiv 1$$

simplifie beaucoup et donne trois fonctions arbitraires d'une variable. La surface d'Enneper est une solution évidente, du type $T_0 = T_1 = T_2 = 0$, sa polaire réciproque du type où $T_0 \neq T_1 \neq T_2 \neq 0$: les *deux* familles

d'asymptotiques ont la propriété. Un autre exemple simple est, a étant une constante arbitraire,

$$z \equiv \frac{v^2 u^3}{2} + 3 v u^2 + 3\left(3 + \frac{a v^2}{2}\right) u + 12 a v + \frac{2 a^2 v^3}{3}, \qquad y \equiv \frac{\partial z}{\partial v}, \qquad x \equiv \frac{\partial^2 z}{\partial v^2}.$$

Pour $a \neq 0$, la seule famille v possède la propriété; pour $a = 0$, les deux familles l'ont : la surface et sa polaire ont pour équations respectives, si $a = 0$,

$$(2zx - y^2)^3 = 729 x^4, \qquad 2zx - y^2 = 27 z^4.$$

En raison de nappes imaginaires des surfaces prises ici en exemple, où deux coordonnées sont réelles et la troisième imaginaire pure, la transformation de Sophus Lie conduit à des surfaces réelles du type suivant : les sphères osculatrices à la surface tout le long d'une ligne de courbure coupent une sphère fixe (variable avec la ligne de courbure) sous un angle constant.

4. On peut remarquer que deux cubiques gauches quelconques sont *projectivement* égales. M. Goursat [1] a étudié les surfaces admettant une famille d'asymptotiques *égales :* Ces deux problèmes ont une analogie de définition; on trouve, dans le nouveau problème, des courbes dont les binormales appartiennent à une congruence linéaire et leur recherche dépend d'une équation différentielle du second ordre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les transformations ponctuelles abstraites.* Note [2] de M. **Maurice Fréchet**, transmise par M. J. Hadamard.

Nous avons autrefois, pour généraliser la notion de polynome, défini les fonctions $M = F(m)$ « d'ordre entier » dans le cas où M est un nombre et où m est une fonction numérique d'une variable numérique [3].

On peut donner à cette définition une plus grande portée en considérant le cas général où M et m sont des éléments de nature quelconque. On pourra encore *appeler fonction d'ordre entier n, au plus, toute fonction* $F(m)$ *qui est continue et telle que sa différence d'ordre* $n+1$, $\Delta_{n+1}\Delta_n \ldots \Delta_2\Delta_1 F(m)$

(1) *Bull. Soc. math. de France*, 30, 1902, p. 12.

(2) Séance du 11 mai 1925.

(3) *Sur les fonctionnelles continues* (*Ann. scient. École Norm. sup.*, 27, 1910, p. 193); *Les fonctions d'une infinité de variables* (*C. R. Congrès Soc. sav.*, *Rennes*, 47, 1909, p. 5-8).

(correspondant à des accroissements indépendants $\Delta_1 m$, $\Delta_2 m$, ..., $\Delta_{n+1} m$ de la variable), reste nulle quels que soient ces accroissements [1].

Pour donner un sens à cette définition, il suffirait de supposer que m et M appartiennent respectivement à deux des espaces abstraits *topologiquement affines* (distincts ou non) que nous avons définis [2].

Mais pour assurer aux fonctions d'ordre entier des propriétés simples généralisant celles des polynomes et pour en faciliter les démonstrations, nous imposerons aux deux espaces a et A, où se meuvent m et M, des conditions supplémentaires. Chacun d'eux sera un espace topologiquement affine tel que :

V_d. Toute homothétie abstraite est une transformation bicontinue;

V_e. La somme de deux vecteurs est une fonction continue de l'ensemble de ces deux vecteurs;

V_f. Les points d'accumulation de chaque ensemble de points sont définis par l'intermédiaire de voisinages arbitraires, sauf que l'ensemble commun à deux voisinages d'un point comprend un voisinage de ce point [3].

Moyennant ces conditions, on démontre, en particulier, que :

Toute fonction abstraite d'ordre entier n est la somme de fonctions abstraites d'ordres 0, 1, 2, ..., *n dont chacune est homogène et d'un degré d'homogénéité égal à son ordre. Une telle décomposition est unique.*

En adjoignant à ces conditions des conditions supplémentaires imposées aux espaces abstraits a et A (et qui sont réalisées par des champs fonctionnels importants en Analyse), on peut même généraliser un théorème classique de Weierstrass sous la forme suivante :

Toute fonction abstraite, uniformément continue sur un ensemble abstrait, est la limite d'une suite de fonctions d'ordres entiers.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Les propriétés des ensembles projectifs.* Note de M. N. Lusin, présentée par M. Émile Borel.

On démontre d'abord sans peine, en appliquant la diagonale de Cantor, qu'*il existe des ensembles projectifs de toute classe.* Mais une propriété bien

---

(1) Si, en outre, la différence d'ordre n de F(m) n'est pas identiquement nulle, F(m) sera exactement d'ordre n.

(2) *Sur les espaces affines abstraits* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 419).

(3) Ces conditions sont satisfaites dans le cas particulier des espaces (𝔇) vectoriels définis dans la Note citée.

plus remarquable et qui est une des plus importantes est la suivante : tous les ensembles non mesurables B qui ont été cités jusqu'ici, qu'ils se soient présentés « naturellement » ou qu'ils aient été nommés sans l'emploi du raisonnement de M. Zermelo (Axiome du Choix) pour fournir des exemples de toutes espèces, sont tous *projectifs*. Ce résultat, peu surprenant au premier abord, étonnera plus si l'on rappelle qu'il y a, parmi les ensembles non mesurables B qu'on peut nommer, des ensembles tels que dans la définition de chacun d'eux devraient intervenir effectivement *tous* les nombres transfinis de seconde classe et non pas seulement ceux qui sont inférieurs à l'un d'eux fixé d'avance (Axiome du Partage).

C'est la célèbre fonction de M. H. Lebesgue $\varphi(t, x)$ échappant à tout mode de représentation analytique qui peut servir d'exemple frappant de ce genre. Le procédé par lequel l'illustre auteur est arrivé à nommer cette fonction $\varphi(t, x)$ est le suivant : on décompose d'abord le segment (o, 1) en une infinité transfinie d'ensembles E_α ayant chacun la puissance du continu et numérotés au moyen des nombres transfinis de seconde classe, et l'on effectue ensuite les applications simultanées des familles F_α des fonctions $f(x)$ de classe α sur les ensembles E_α correspondants, tout cela étant fait sans l'emploi de l'Axiome du Choix. C'est par cette méthode que M. H. Lebesgue a obtenu la fonction $\varphi(t, x)$. On sait que M. E. Borel suivant son idée de l'*illusion du transfini* était mis en nécessité d'adresser des reproches à cette fonction $\varphi(t, x)$ pour l'emploi de la totalité illégitime des nombres transfinis. Or, la théorie des ensembles projectifs montre que l'ensemble formé des points de la surface $z = \varphi(t, x)$ est un ensemble *projectif* (de classe finie) de points dans l'espace à trois dimensions. Ainsi on voit qu'il existe une fonction projective $\psi(t, x)$ *numériquement* égale à la fonction $\varphi(t, x)$ de M. H. Lebesgue pour toutes les valeurs de t et de x. Donc, encore une fois le transfini est exclu.

Les difficultés de la théorie des ensembles projectifs. — J'ai indiqué, il y a déjà longtemps ([1]), que la question suivante : Un complémentaire analytique (ensemble projectif de classe 1) supposé non dénombrable a-t-il nécessairement la puissance du continu ? présente de grandes difficultés. Mais ces difficultés accroissent infiniment quand il s'agit des ensembles projectifs de classe 2 : on ne sait pas et l'on ne saura jamais si la projection même d'un complémentaire analytique à deux dimensions (supposée non

---

([1]) Voir ma Note *Sur la classification de M. Baire* (*Comptes rendus*, 164, 1917, p. 91.

dénombrable) a la puissance du continu, si elle n'est pas des ensembles « qui ne sont pas Z », ni même si elle est mesurable [1]. Ces difficultés et la légèreté même avec laquelle on trouve le transfini exclu nous amènent à examiner plus attentivement la légitimité de ces ensembles, ainsi que l'existence des ensembles non mesurables B, d'ailleurs.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions automorphes.* Note de M. **P.-J. Myrberg**, présentée par M. Émile Borel.

Le but de la présente Note est de démontrer l'existence de fonctions automorphes sous certaines conditions plus générales que celles admises jusqu'ici. Nos recherches se rattachent aux groupes Γ des substitutions crémoniennes

$$y'_i = \frac{P_i(y_1, y_2, \ldots, y_n)}{P_0(y_1, y_2, \ldots, y_n)} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \tag{1}$$

où les P sont des polynomes de degré $\leqq p$ des n quantités $y_1, y_2, \ldots, y_n$.

Nous supposons *qu'il existe dans l'espace à* $2 - n$ *dimensions des variables complexes* y *un domaine* D, *dont les transformés par* Γ, *sauf peut-être ceux d'un nombre fini entre eux, sont situés dans un domaine* w *fini (ou pouvant être transformé birationnellement en distance finie).* Il s'ensuit que, au moins dans des cas très généraux, le groupe Γ est proprement discontinu dans le domaine D.

Formons maintenant pour le groupe Γ la série

$$\sum H(y'_1, y'_2, \ldots, y'_n) \left[\frac{\partial(y'_1, y'_2, \ldots, y'_n)}{\partial(y_1, y_2, \ldots, y_n)}\right]^m, \tag{2}$$

où H désigne une fonction rationnelle qui reste bornée dans le domaine w. La convergence absolue de cette série dépend évidemment de celle de la série spéciale

$$\sum \left[\frac{\partial(y'_1, y'_2, \ldots, y'_n)}{\partial(y_1, y_2, \ldots, y_n)}\right]^m, \tag{3}$$

dont le terme général aura pour $m = 1$ l'expression $y = P_0^{n+1}$, où y désigne le déterminant des $(n+1)^2$ quantités $P_i, \frac{\partial P_i}{\partial y_k}$ $(i = 0, 1, \ldots, n; k = 1, \ldots, n)$.

Il est maintenant possible, par suite de la discontinuité propre de Γ dans

---

[1] Cf. une remarque sur un article M. W. Sierpinski dans ma Note précédente.

D, de trouver dans le voisinage d'un point quelconque de D une hypersphère k_0 dont les transformées par les substitutions de Γ n'auront aucun point commun. Soient v_0 le volume de k_0 et v le volume de la transformée de k_0 par une substitution arbitraire S de Γ. On a $v = v_0 |\delta(y_1^0, \ldots, y_n^0)|^2$, où $(y_1^0, \ldots, y_n^0)$ est un point de k_0 et où δ désigne le déterminant fonctionnel relatif à S. On peut donc écrire

$$(4) \qquad |\delta(y_1, \ldots, y_n)| = \left| \frac{y(y_1, \ldots, y_n)}{y(y_1^0, \ldots, y_n^0)} \right| \times \left| \frac{P_0(y_1^0, \ldots, y_n^0)}{P_0(y_1, \ldots, y_n)} \right| \times \sqrt{\frac{v}{v_0}}.$$

Pour évaluer le second membre de (4), nous nous appuyons sur le lemme suivant :

Soit $P(y_1, \ldots, y_n) = \Sigma C_{\lambda_1 \ldots \lambda_n} y_1^{\lambda_1} \ldots y_n^{\lambda_n}$ un polynome de degré p dont les coefficients sont des quantités arbitraires complexes. Posons

$$z_{\lambda_1 \ldots \lambda_n} = y_1^{\lambda_1} \ldots y_n^{\lambda_n}$$

pour tout système des entiers positifs λ, pour lesquels $0 < \lambda_1 + \ldots + \lambda_n \leqq p$. On aura alors pour la distance euclidienne $\Delta(y, P)$ du point (y) à l'hyperplan $\Sigma C_{\lambda_1 \ldots \lambda_n} z_{\lambda_1 \ldots \lambda_n} = 0$ l'expression

$$(5) \qquad \Delta(y, P) = |P(y_1, \ldots, y_n)| : \sqrt{\Sigma' |C_{\lambda_1 \ldots \lambda_n}|^2}.$$

Nous choisissons maintenant les points $(y_1, \ldots, y_n)$ et $(y_1^0, \ldots, y_n^0)$ dans un domaine fermé D', situé tout entier à l'intérieur de D. Les multiplicités $P_0 = 0$, qui sont des transformées de *l'infini*, sont toutes (excepté un nombre fini d'entre elles) situées en dehors de D. Nous en concluons que la quantité $\left| \frac{P_0(y_1^0, \ldots, y_n^0)}{P_0(y_1, \ldots, y_n)} \right| = \frac{\Delta(y^0, P_0)}{\Delta(y, P_0)}$ reste pour toute substitution de Γ au-dessous d'une certaine limite finie a. Or, puisque le degré des fonctions entières rationnelles y est borné, il existe un système fini d'hypersphères $k_1, k_2, \ldots, k_\nu$ telles que la distance de l'une au moins de ces hypersphères à une multiplicité quelconque $y = 0$ sera supérieure à une certaine limite positive. En vertu du lemme précédent, on en déduit pour chaque terme de la série (3) une inégalité de la forme

$$\left| \frac{y(y_1, \ldots, y_n)}{y(y_\mu^1, \ldots, y_n^\mu)} \right| = \frac{\Delta(y, y)}{\Delta(y^\mu, y)} < b,$$

où (y^μ) désigne un point quelconque de k_μ. Réunissons maintenant dans $\Sigma_\rho^{(m)}$ les termes de (3), qui satisfont à l'inégalité précédente pour $\mu = \rho$. Si de plus l'hypersphère k_0 définie plus haut est choisie à l'intérieur de k_ρ,

on aura pour le terme général de $\Sigma_\rho^{(2)}$ la limite supérieure $\frac{a^{2n+2}b^2 v}{v_0}$. Mais la série Σv converge, au moins si l'on supprime un nombre fini de termes. Nous en concluons que chacune des séries $\Sigma_\rho^{(2)}(\rho = 1, 2, \ldots, \nu)$ doit être uniformément et absolument convergente dans le domaine D'. Il en est alors de même avec la série (3) pour $m = 2$, puisque chaque terme de cette série se trouve parmi des termes des séries $\Sigma_\rho^{(2)}$. Donc :

Les séries (2) *convergent, pour* $m = 2$ *et par conséquent* a fortiori *pour* $m > 2$, *au moins si on laisse de côté un nombre fini de termes, uniformément et absolument dans chaque domaine fermé situé tout entier à l'intérieur de* D. *Les séries en question représentent des fonctions thêta-automorphes de* Γ, *méromorphes dans* D. *Les quotients de deux thêta fonctions d'un même exposant nous donneront des fonctions automorphes du groupe crémonien* Γ. *Ces fonctions sont méromorphes dans le domaine* D, *mais leur domaine d'existence peut éventuellement s'étendre au delà des limites de* D.

Notre condition ci-dessus est en particulier remplie pour les groupes ayant un domaine fini invariant. Dans ce cas, étudié par M. Giraud, notre théorème prouve immédiatement l'existence de fonctions hyperfuchsiennes et hyperabéliennes et leurs généralisations, trouvées par MM. Picard, Blumenthal et Giraud. Il existe cependant aussi des groupes sans domaine invariant qui satisfont à notre condition ; les fonctions automorphes correspondantes peuvent être regardées comme une généralisation des fonctions automorphes d'une variable complexe sans cercle principal.

ÉLASTICITÉ. — *Tensions d'un prisme ayant pour base un triangle rectangle isoscèle.* Note (¹) de M. **B. Galerkin**, présentée par M. Mesnager.

La base du prisme est limitée par les droites $x + y = 0$, $x - y = 0$ et $x = b$.

Le prisme est soumis à la flexion par une force P agissant sur la base extrême au point $\left(x = \frac{2}{3}b, y = 0, z = l\right)$. Décomposons la force P en deux composantes : P_1 le long de l'axe de x et P_2 parallèlement à l'axe de y.

Admettons les tensions $X_x = Y_y = Y_x = 0$ et

$$(a)\quad Z_z = (l - z)\left[\frac{P_1}{I_1}\left(\frac{2}{3}b - x\right) - \frac{P_2}{I_2}y\right] = (l = z)\left[\alpha\left(\frac{2}{3}b - x\right) - \beta y\right],$$

$$I_1 = \frac{b^4}{18} \quad \text{et} \quad I_2 = \frac{b^4}{6}, \qquad \alpha = \frac{P_1}{I_1} \quad \text{et} \quad \beta = \frac{P^2}{I_2}.$$

(¹) Séance du 2 juin 1925.

Les tensions X_z et Y_z doivent satisfaire aux équations suivantes :

$$(b)\qquad \frac{\partial X_z}{\partial x}+\frac{\partial Y_z}{\partial y}-\alpha\left(\frac{2}{3}b-x\right)+\beta y=0 \qquad \text{(équilibre)},$$

$$(c)\qquad (1+\sigma)\nabla^2 X_z+\alpha=0 \qquad \text{(relations de Beltrami)},$$

$$(d)\qquad (1+\sigma)\nabla^2 Y_z+\beta=0,$$

où

$$\nabla^2=\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}.$$

L'équation (b) sera satisfaite si nous admettons :

$$(e)\qquad X_z=\frac{\partial\varphi(x,y)}{\partial y}+\alpha\left[\frac{2}{3}bx-\frac{x^2}{2}+f(y)\right],$$

$$(g)\qquad Y_z=-\frac{\partial\varphi(x,y)}{\partial x}-\beta\left[\frac{y^2}{2}-\psi(x)\right],$$

où φ, f et ψ seront des fonctions convenables à déterminer.

En substituant ces valeurs à X_z et Y_z dans les équations (c) et (d), nous obtiendrons

$$\frac{\partial}{\partial y}(\nabla^2\varphi)=\alpha\left(\frac{\sigma}{1+\sigma}-\frac{\partial^2 f(y)}{\partial y^2}\right),$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(\nabla^2\varphi)=-\beta\left(\frac{\sigma}{1+\sigma}-\frac{\partial^2\psi(x)}{\partial x^2}\right),$$

d'où

$$(1)\qquad \nabla^2\varphi=\alpha\left(\frac{\sigma y}{1+\sigma}-\frac{\partial f(y)}{\partial y}\right)-\beta\left(\frac{\sigma x}{1+\sigma}-\frac{\partial\psi(x)}{\partial x}\right)+c,$$

où c est une constante arbitraire.

Sur la surface latérale du prisme,

$$X_z\cos(n,x)+Y_z\cos(n,y)=0,$$

ou

$$\left\{\frac{\partial\varphi}{\partial y}+\alpha\left[\frac{2}{3}bx-\frac{x^2}{2}+f(y)\right]\right\}\frac{\partial y}{\partial s}+\left\{\frac{\partial\varphi}{\partial x}+\beta\left[\frac{1}{2}y^2-\psi(x)\right]\right\}\frac{\partial x}{\partial s}=0,$$

ou

$$(2)\qquad \frac{\partial\varphi}{\partial s}+\alpha\left[\frac{2}{3}bx-\frac{x^2}{2}+f(y)\right]\frac{\partial y}{\partial s}+\beta\left[\frac{1}{2}y^2-\psi(x)\right]\frac{\partial x}{\partial s}=0.$$

Examinons séparément les cas 1, $\beta=0$, et 2, $\alpha=0$.

Cas 1 : $\beta=0$. — Nous admettons $f(y)=0$, $c=0$ et

$$(3)\qquad \varphi(x,y)=-\frac{(1-2\sigma)\alpha}{12(1+\sigma)b}(b-x)(y^2-x^2)y+\alpha\left(\frac{yx^2}{6}-\frac{1}{3}bxy\right);$$

φ satisfait à l'équation (1) et à la condition (2) sur le contour.

Les tensions sont

$$X_z = \frac{(1-2\sigma)\alpha}{12(1+\sigma)b}(b-x)(3y^2-x^2) + \frac{\alpha x}{3}(b-x),$$
$$Y_z = \frac{(1-2\sigma)\alpha}{12(1+\sigma)b}(3x^2y-2bxy-y^3) + \frac{\alpha y}{3}(b-x).$$

Il n'est pas difficile de démontrer que

$$\iint X_z\,dx\,dy = P_1, \qquad \iint Y_z\,dx\,dy = 0 \qquad \text{et} \qquad \iint (Y_z x - X_z y)\,dx\,dy = 0.$$

L'intégration doit avoir lieu sur toute la surface de la section.

Cas 2 : $\alpha = 0$. — Nous admettons $\psi(x) = \frac{1}{2}x^2$. L'équation (1) se réduira à la suivante :

$$(1') \qquad \nabla^2\varphi = \frac{\beta x}{1+\sigma} + c.$$

Vu que $\left[\frac{1}{2}y^2 - \psi(x)\right]\frac{\partial x}{\partial s} = 0$ sur tout le contour, l'équation (2) donne

$$\frac{\partial\varphi}{\partial s} = 0, \qquad \text{ou sur le contour} \qquad \varphi = C,$$

où C est une constante, et admettant que $C = 0$, nous obtiendrons sur le contour

$$(2') \qquad \varphi = 0.$$

L'équation (1') et la condition (2') seront satisfaites si nous admettons

$$(4) \qquad \varphi = \frac{\beta}{4(1+\sigma)}(b-x)(y^2-x^2) + \frac{c}{2}\left[x(x-b) + \frac{8b^2}{\pi^3}\sum_1^\infty \frac{1}{(2n-1)^3 \operatorname{sh}\frac{(2n-1)\pi}{2}} \times \left(\operatorname{sh}\frac{(2n-1)\pi(b-x-y)}{2b}\sin\frac{(2n-1)\pi(x-y)}{2b} + \operatorname{sh}\frac{(2n-1)\pi(b-x+y)}{2b}\sin\frac{(2n-1)\pi(x+y)}{2b}\right)\right].$$

La valeur c se détermine par l'équation suivante :

$$\iint\left[Y_z\left(x-\frac{2}{3}b\right) - X_z y\right]dx\,dy = 0.$$

Les tensions prises sur la section extrême se réduisent à la résultante, nous aurons

$$\iint X_z\,dx\,dy = 0 \qquad \text{et} \qquad \iint Y_z\,dx\,dy = P_2.$$

En admettant dans la formule (4) $\beta = 0$ et $c = -2GT$, nous obtiendrons la résolution du prisme soumis à la torsion [1].

FROTTEMENT. — *Mesures de frottement onctueux.* Note de M. **Paul Woog**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Nous avons exécuté des mesures de friction au moyen d'un dispositif dans lequel le graissage des surfaces frottantes est limité à la forme imparfaite; nous avons ainsi obtenu des renseignements sur l'onctuosité de divers lubrifiants et étudié quelques phénomènes réalisés sur les surfaces en contact.

L'appareil se compose d'une couronne plate de 150^{mm} de diamètre, en acier cémenté, trempé, rectifié et poli. Cette couronne tourne à une vitesse constante de 0^{m},100 par minute, vitesse assez faible pour qu'un graissage parfait, mettant en jeu la viscosité du lubrifiant, ne puisse s'établir. Le frotteur placé sur la couronne enduite d'un excès d'huile, bute contre un levier horizontal très mobile autour d'un pivot ayant même axe que la couronne. L'extrémité du levier s'arrondit en un secteur où s'attache un fil qui va supporter un plateau de balance. Une pression connue peut être appliquée directement sur le frotteur au moyen d'une pointe équilibrée, et sans l'emploi d'une articulation mécanique. Les surfaces sont bien elles-mêmes intéressées par la friction, comme le montrent les variations d'un courant continu de quelques millivolts passant entre le frotteur et la couronne. L'appareil peut fonctionner d'une manière automatique, en plaçant un poids fixe dans la balance, et en soumettant le frotteur à une pression croissante : la réalisation de l'équilibre déclanche des contacts électriques qui immobilisent l'appareil. Une sensibilité plus grande s'obtient en équilibrant, au moyen de poids déposés sur la balance, une pression constante appliquée au frotteur.

Mais la précision des mesures est sérieusement affectée par la cohésion

---

(1) B. Galerkin, *Torsion d'un prisme triangulaire* (*Bulletin de l'Académie des Sciences de Russie*, 6e série, 13, 1919, p. 111-118).

qui, aux faibles vitesses, s'exerce entre le frotteur et la couronne, provoquant des secousses brutales de l'équipage mobile. Nous avons tourné cette difficulté en arrêtant, d'une manière permanente, le levier contre une butée, et en chargeant peu à peu la balance pour ramener le levier en arrière, la mesure s'effectuant par ce recul.

Après essai de nombreuses matières, pour constituer les frotteurs, nous avons retenu le charbon dur (qualité pour microphones) et l'acier doux, ce dernier permettant les meilleures mesures. Les frotteurs étaient en forme d'anneaux plats de $16^{mm},2$-$14^{mm},2$ de diamètre pour le charbon, et pour l'acier d'anneaux de 16^{mm}-$17^{mm},5$ ou de trépieds découpés dans ces anneaux, la surface portante étant alors de 9^{mm^2}. Nous avons trouvé que les frotteurs polis, même les mieux travaillés, ne donnaient pas des chiffres constants, mais nous avons eu d'excellents résultats en produisant à la surface du frotteur des rayures fines, nombreuses et dirigées en tous sens. La pression est alors, bien entendu, plus grande que ne l'indique le calcul de la surface du frotteur. Cette pression est appliquée graduellement : d'abord $0^{kg},460$ par centimètre carré pendant 30 minutes ; puis $1^{kg},057$ pendant le même temps ; enfin $2^{kg},826$ durant encore 30 minutes. On élève alors la pression à 5^{kg} et l'on effectue la mesure au bout de 15 minutes.

Au début d'un essai, on constate que le frottement subit d'importantes variations : tout d'abord, le coefficient monte progressivement à des valeurs considérables, puis il retombe peu à peu pour se stabiliser au bout d'un temps qui dépasse en général 1 heure. L'étude de ce phénomène, qui se produit toujours, que les frotteurs soient polis ou rayés, nous a montré qu'après une phase où le frottement est élevé par la cohésion, il se sépare des surfaces (même en acier) de fines particules. Ces corpuscules mobiles s'interposent peu à peu entre les surfaces et diminuent par suite la cohésion : on prouve bien, par des nettoyages systématiques des surfaces, ce rôle des particules solides, que l'on peut même apercevoir en éclairage oblique, lorsqu'on fait travailler pendant plusieurs heures des frotteurs en charbon. On comprend ainsi comment peuvent agir certains lubrifiants solides tels que le graphite, le mica, la céruse, le talc.

Voici les coefficients de frottement obtenus :

Huiles.	Coefficients.	Huiles.	Coefficients.
Huile de colza	0,1314	Eagle Heavy Black	0,1303
Huile de ricin	0,1303	Kremlin nº 1	0,1458
Huile d'olive neutre	0,1303	K. R. 60	0,1525
Id. + 3 pour 100 ac. oléique	0,1270	Bayonne + 1 pour 100 ac. oléique	0,1392
Huile de lard	0,1025	Bayonne + 1 pour 100 ac. stéarique	0,1247
885 Pale	0,1836	885 + 0,1 pour 100 ac. oléique	0,1636
Machinery nº 1	0,1636	885 + 1 pour 100 ac. oléique	0,1525
H. V. Pale	0,1581	885 + 0,1 pour 100 ac. laurique	0,1581
Bayonne Engine	0,1547	885 + 0,1 pour 100 ac. stéarique	0,1414
Queens Heavy Red	0,1414	885 + 0,5 pour 100 ac. stéarique	0,1392
Cold Test	0,1370	885 + 1 pour 100 ac. stéarique	0,1014
F. F. F. Cylinder	0,1447	885 + 1 pour 100 cholestérine	0,1669
A. Cylinder	0,1303	Glycérine	0,2458
Extra L. L.	0,1125		

Ces chiffres montrent, d'une manière générale, l'influence favorable du volume moléculaire sur le coincement des molécules recouvrant les surfaces solides; le rôle de la saturation et de la rigidité élastique des molécules apparaît également. Les huiles concentrées donnent de meilleurs chiffres que les huiles distillées, les premières renfermant des corpuscules solides.

Toutes ces mesures ont été exécutées de 20° à 25°. Si après, on élève la température, on constate que la friction change de valeur. Avec les huiles minérales et jusqu'à 90°, le frottement augmente progressivement ou à peine, mais au-dessus de ce point, la friction s'élève et peut même devenir très forte. Les surfaces rayées donnent des chiffres plus hauts que les surfaces polies. Le phénomène est moins intense avec les produits de grand volume moléculaire. Si les huiles minérales renferment des acides gras, on observe d'abord non plus une élévation, mais un abaissement de la friction, causé, pensons-nous, par la destruction des assises surmontant le premier lit de molécules orientées. Pour l'acide oléique (non saturé) le frottement augmente ensuite, mais à partir d'une température plus haute que celle influençant l'huile minérale pure. Avec l'acide stéarique (saturé), l'élévation est encore très faible à 130°.

Une huile grasse, telle que le ricin, donne par chauffage une légère augmentation de friction qui disparaît vers 80°; il se produit ensuite une diminution du frottement qui persiste jusqu'à 130°.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Une définition relativiste de la simultanéité.* Note [1] de M. **André Metz**, présentée par M. Emile Borel.

La définition de la simultanéité d'Einstein est basée sur l'échange de signaux lumineux entre deux stations en admettant, ce qui est considéré comme une convention, que la vitesse de la lumière est partout et toujours égale à c. Un grand nombre d'auteurs ont reproché à cette définition son caractère arbitraire, en raison même de la convention de départ.

Or il est nécessaire, puisque l'ancienne notion de simultanéité recouvrait un certain nombre de choses différentes qu'il importe de distinguer dans la nouvelle mécanique, de donner une définition de la simultanéité, comportant un criterium vérifiable au moyen d'instruments de mesure physiques. Il est possible de donner une définition qui soit équivalente à celle d'Einstein et qui évite, même en apparence, le reproche d'arbitraire on d'artificiel qui a été adressé à celle-ci.

Étant donnés un système solide (S) et une horloge placée en un point A de ce solide, pour avoir, en un point B du même solide, l'heure *synchrone* de l'heure en A, on peut songer à transporter de A en B un chronomètre auxiliaire primitivement réglé en A; malheureusement le transport à une certaine vitesse dérègle les chronomètres; on peut s'en apercevoir en ramenant le chronomètre auxiliaire en A : on voit alors que celui-ci, à son tour, retarde sur l'horloge A.

Cependant ce retard diminue si le voyage est lent; et il est possible de préciser ce résultat sans cercle vicieux.

Nous pouvons, en effet, appeler *rapidité* le quotient de la distance parcourue (soit, ici, la distance AB) mesurée en unités immobiles par rapport à (S), par le temps propre mis à la parcourir (soit, ici, le temps du parcours AB lu sur le chronomètre auxiliaire lui-même).

Nous nous apercevons alors que, si la rapidité du voyage AB et retour tend vers zéro, la différence d'heure lue sur l'horloge A et sur le chronomètre auxiliaire au moment de son retour en A tend vers zéro.

Nous nous apercevons également que, si la rapidité du voyage AB tend vers zéro, l'heure obtenue en B tend vers une limite. C'est cette limite qui est, par définition, l'heure synchrone [2].

---

[1] Séance du 8 juin 1925.

[2] On pourrait être tenté de croire que ce procédé aboutit à une indétermination de l'ordre $\infty - \infty$. Il n'en est rien. L'*heure en* B est en effet parfaitement déter-

L'heure, en un point B, synchrone *par rapport à* (S) de l'heure d'une horloge A, est donc la limite de l'heure obtenue par le transport en B d'une horloge auxiliaire primitivement réglée par rapport à l'horloge A lorsque la rapidité du transport par rapport à (S) tend vers zéro. La *simultanéité* par rapport à (S) résulte d'indications égales d'horloges synchrones par rapport à (S).

Il est facile de démontrer *a posteriori* que cette définition est équivalente à celle d'Einstein. En effet, en se basant sur celle-ci on arrive, par l'interprétation des faits expérimentaux, aux formules de Lorentz, qui donnent la variation des temps propres en fonction des vitesses.

Appliquons ces formules au transport d'un chronomètre auxiliaire de A en B; soient v sa vitesse par rapport à S et r sa rapidité. Le chronomètre, parti de A à l'heure zéro et marquant alors lui-même l'heure zéro, marquera, après le parcours $AB = l$, l'heure $\frac{l}{r} = \frac{l}{v}\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$, alors que l'horloge réglée par signaux lumineux suivant la méthode d'Einstein marquera en B l'heure $\frac{l}{v}$.

Puisque

$$r = \frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

on a

$$v = \frac{r}{\sqrt{1 + \frac{r^2}{c^2}}}.$$

L'heure marquée par le chronomètre en arrivant en B est $\frac{l}{r}$.

L'heure de l'horloge einsteinienne en B est à ce moment $\frac{l}{r}\sqrt{1 + \frac{r^2}{c^2}}$.

---

minée à *une constante près par addition*, par le mouvement d'une horloge naturelle quelconque qui s'y trouve. Tout le problème consiste à déterminer cette constante, c'est-à-dire à donner aux aiguilles de cette horloge naturelle un coup de pouce pour la rendre définitivement *synchrone* de l'horloge A. Le procédé indiqué consiste à régler (par un coup de pouce aux aiguilles) l'horloge de B sur le chronomètre auxiliaire chaque fois que celui-ci arrive en B. On constate alors que, si le mouvement de ce chronomètre est de plus en plus lent, la correction nécessaire tend vers une limite, qui est la constante de réglage cherchée.

La différence est donc

$$\frac{l}{r}\left(\sqrt{1+\frac{r^2}{c^2}}-1\right)=\frac{l}{r}\left(\frac{1}{2}\frac{r^2}{c^2}+\ldots\right).$$

Elle tend vers zéro lorsque la rapidité tend vers zéro.

On voit par là que, *dans la mesure où* les équations de Lorentz sont conformes à l'expérience, les deux définitions coïncident, ce qui justifie, dans cette mesure, la définition d'Einstein.

PHYSIQUE. — *Étude des composés chimiques des sels dans l'arc électrique.* Note[1] de MM. **T. Peczalski** et **G. Mokrzycki**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le cratère de l'électrode en charbon d'un arc électrique est mis en communication avec le pôle positif d'une source d'électricité à tension constante. L'autre électrode en charbon communique avec l'autre pôle. Cette dernière électrode est de faible diamètre et terminée en pointe. Entre les électrodes on maintient une distance fixe. On allume l'arc par court circuit à l'aide d'un conducteur quelconque et l'on mesure la chute de potentiel V à travers l'arc.

En mettant dans le cratère des divers sels on constate à des intensités de courant égales des chutes de potentiel V différents suivant le sel.

Nous avons mis dans le cratère des mélanges de deux sels en proportion connue.

Voici les résultats des mesures des V dans le cas des mélanges de Al^2O^3 et CaO. L'intensité de courant était de 5 ampères et la distance entre les électrodes de $1^{mm},25$.

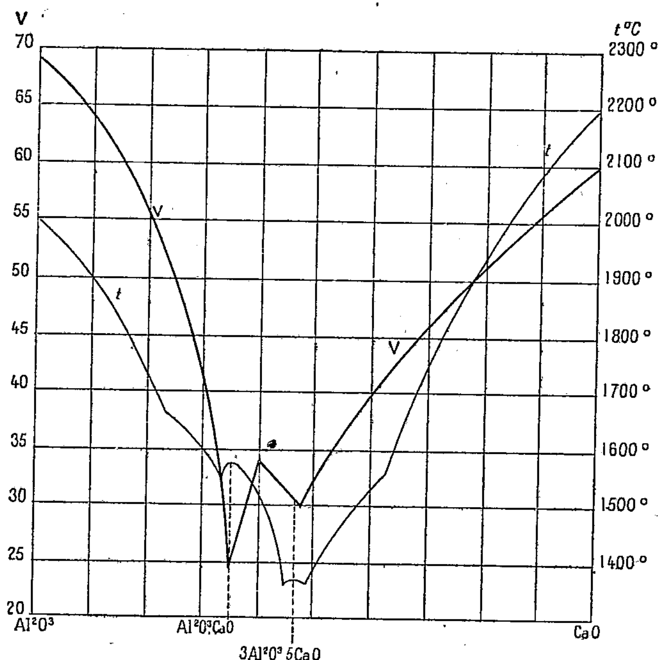
Mélange en pour 100.		
Al^2O^3.	CaO.	V.
100	0	68
75	25	50
70	30	40
64	36	24
60	40	34
52	48	30
45	55	36
38	62	40
0	100	60

(1) Séance du 18 mai 1925.

Les valeurs des V données par ce tableau sont les moyennes de huit mesures prises à des intervalles de temps de 15 secondes (mesuré au métronome).

D'après les données du tableau, on a construit la courbe des V en fonction de la proportion pondérale des sels.

La courbe *t* représente les points de fusion des mélanges (¹).



On remarque une analogie entre ses deux courbes. En particulier on trouve les minima de ces deux courbes aux mêmes proportions des sels. A ces deux minima correspondent des composés chimiques Al^2O^3, CaO et $3Al^2O^3$, 5CaO.

Comme les tensions V ne sont pas mesurées dans nos expériences avec autant de précision que les températures *t*, l'existence des autres composés n'a pu être reconnue.

Nous avons répété les mêmes mesures sur des mélanges de KCl et NaCl.

Pour une distance de $0^{mm},5$ entre les électrodes et une intensité de courant de 4 ampères nous avons trouvé :

(¹) H. Le Chatelier, *La silice et les silicates*, p. 548.

Mélange K Cl.	Mélange Na Cl.	V (moy. de 12 mesures).
100	0	45
90	10	43
80	20	40
70	30	37
60	40	38
50	50	37
40	60	37
30	70	32
20	80	42
10	90	32
0	100	30

Le maximum de V correspond au mélange à 20 pour 100 de NaCl et 80 pour 100 de KCl. Ce mélange correspondrait au composé chimique 3KCl, NaCl qui se formerait seulement à la température de l'arc électrique.

Plus la température de fusion (ou d'ébullition) du sel dans le cratère est élevée, plus il faut dépenser d'énergie pour maintenir l'arc.

La perte d'énergie par conductibilité et rayonnement du cratère est une fonction croissante de la température de celui-ci. Cette énergie dépensée est proportionnelle à la chute de potentiel qu'on mesure.

Dans nos expériences, l'électrode portant le cratère avait 22^{mm} de diamètre, tandis que l'autre électrode n'avait que 6^{mm}.

Habituellement la température du cratère est plus élevée que celle de fusion du sel qui le remplit. Cette différence de température est plus marquée quand le point de fusion est bas. Dans ce dernier cas, la quantité de vapeur formée entre les électrodes est plus grande; il en résulte que l'arc est plus large, sa résistance plus petite, de même que la chute du potentiel. Les deux faits cités s'ajoutent. Donc par les mesures des potentiels on peut tirer les mêmes conclusions que par l'analyse thermique habituelle, à savoir : chaque fois qu'on trouve dans la courbe des chutes de potentiels des maxima ou des minima, ceux-ci correspondent aux mélanges des sels pour lesquels les températures de fusion (ou d'évaporation) sont nettement différentes de celles des mélanges voisins. Par conséquent, ces mélanges particuliers peuvent être des composés chimiques entre les sels considérés.

Les expériences décrites ici fournissent donc une méthode simple et rapide pour reconnaître les composés chimiques pouvant se former à haute température.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Contribution à l'étude du pouvoir rotatoire et de la dispersion dans la série terpénique.* Note de M. **Pariselle**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une précédente Communication [1] j'ai indiqué un procédé de préparation du camphène à partir du chlorhydrate de pinène. En utilisant des chlorures droit, gauche ou racémique, j'ai obtenu par cette méthode des camphènes respectivement droit, gauche ou racémique. En particulier le pinène α extrait de l'essence de Bordeaux m'a conduit à un camphène de pouvoir rotatoire $[\alpha_D] = -79°,90$; pour celui préparé à partir de l'essence d'Alep, on a $[\alpha_D] = +77°,10$. Ces carbures fondent tous deux entre 45 et 46° et bouillent à 52 et 158° sous des pressions respectivement égales à 17^{mm} et 760^{mm}.

Leur dispersion rotatoire est identique, voici les résultats obtenus en solution éthérée :

λ..................	589	578	546	492	436	404
Dispersion..........	1	1,05	1,20	1,58	2,24	2,79

Étude des composés d'addition du camphène. — J'ai fixé successivement sur les camphènes actifs précédents : l'hydrogène, le brome, et les acides chlorhydrique, bromhydrique et formique; pour les divers composés d'addition obtenus, j'ai mesuré le pouvoir rotatoire et la dispersion.

A. Dérivés du camphène droit $[\alpha_D] = +77°,10$:

Hydrure de camphène. — Ce corps a été préparé par la méthode de Vavon [2] (hydrogénation en présence de platine à froid). C'est un solide qui fond à 59-61° et qui bout à 62-63° sous 17^{mm}. Il est lévogyre : $[\alpha_D] = -4°,50$; ses dispersions rotatoires relatives aux raies 589, 546 et 436 sont respectivement égales à 1; 1,18 et 1,96.

Bromure de camphène. — Préparé à 0° par action du brome sur le camphène, ces deux corps étant en solution dans le tétrachlorure de carbone, le bromure de camphène fond à 89-91°. Son pouvoir rotatoire est $[\alpha_D] = -71°$ et ses dispersions relatives aux raies 589, 546 et 436 sont respectivement égales à 1; 1,18 et 2.

Chlorhydrate de camphène. — Ce corps obtenu en précipitant une solution alcoolique de camphène par l'acide chlorhydrique desséché, est assez instable; ce n'est qu'à la suite d'une cristallisation dans l'alcool saturé d'acide chlorhydrique et en le

(1) Pariselle, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1901.

(2) Vavon, *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 997.

chauffant en tube scellé que j'ai pu obtenir un point de fusion assez net entre 138 et 140°.

Son pouvoir rotatoire est $[\alpha_D] = -41°,2$ et sa dispersion est donnée par le tableau suivant :

λ....................	589	578	546	492	436	404
	1	1,045	1,19	1,53	2	2,4

Fait assez curieux à noter, cette dispersion est presque identique à celle du chlorhydrate de pinène initial.

Bromhydrate de camphène. — Ce produit d'addition préparé dans les mêmes conditions que le précédent a même dispersion que lui et son pouvoir rotatoire a pour valeur $[\alpha_D] = -62°,3$.

Formiate d'isobornyle. — En faisant réagir l'acide formique à 98 pour 100 sur le camphène en présence d'anhydride phtalique, j'ai obtenu avec un rendement quantitatif du formiate d'isobornyle; c'est un liquide bouillant à 95° sous 14^{mm}; sa densité à 20° est égale à 1,01 et son indice à 15° pour la raie D est de 1,470.

Son pouvoir rotatoire $[\alpha_D]$ est égal à $-3°,14$ et sa dispersion est donnée par le tableau suivant :

λ................	589	578	546	492	436	404
	1	1,038	1,18	1,52	1,98	2,38

B. Dérivés du camphène gauche $[\alpha_D] = -79°,90$. — J'ai préparé les mêmes produits d'addition que dans le cas du camphène dextrogyre; les corps obtenus ont des dispersions identiques aux dérivés analogues précédemment décrits; ils sont tous dextrogyres et en valeur absolue leur pouvoir rotatoire est toujours très voisin de celui de leurs inverses optiques [1].

Conclusion. — Tous les dérivés d'addition du camphène sans exception ont un pouvoir rotatoire de signe contraire à celui du camphène générateur; leur dispersion rotatoire, toujours voisine de celle de l'α-pinène est notablement inférieure à celle du camphène et *a fortiori* à celle du camphre. Il faut en conclure que lors des fixations étudiées il y a eu des modifications du noyau camphénique et cette étude vient confirmer le travail de M. Langlois [2] qui a montré la facilité avec laquelle le camphène donnait des composés anormaux par le jeu de migrations moléculaires.

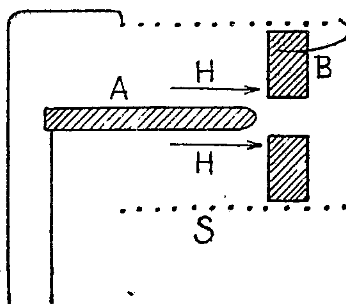
---

(1) Il faut remarquer que ces divers composés ne sont pas des variétés optiques pures, des racémisations se produisant nécessairement au cours des préparations.

(2) G. Langlois, *Annales de Chimie*, **12**, 1919, p. 202.

ÉLECTRICITÉ. — *Un arc tournant entre électrodes de charbon.* Note (¹) de M. **Pacthenier**, présentée par M. Cotton.

I. On connaît l'expérience suivante, qui a servi à réaliser un arc (arc Garbarini) tournant entre un crayon de charbon A (pôle positif) et une cathode annulaire refroidie en cuivre B. Un champ magnétique représenté par les flèches H imprime à l'arc qui passe entre ces deux électrodes un mouvement de rotation rapide. Le champ magnétique H peut d'ailleurs être produit par un solénoïde tel que S (représenté par la trace de ses spires) parcouru par le propre courant d'alimentation de l'arc.



Une difficulté se rencontre dans la réalisation de la cathode B, qui doit être très mince et refroidie par un courant d'eau.

Si cette cathode pouvait être aussi en charbon, la question serait simplifiée. C'est l'essai que j'ai tenté; il n'a pas réussi; d'ailleurs le fonctionnement de l'arc Garbarini est en contradiction apparente avec la théorie de l'arc électrique. En examinant la question de l'arc au charbon, j'ai été conduit aux observation suivantes :

II. J'ai fait découper dans un charbon de pile une bague telle que B (diamètre extérieur 60^{mm}, intérieur 14^{mm}, épaisseur 20^{mm}). Le solénoïde S comprend une douzaine de spires de gros fil de cuivre isolées de B par une feuille d'amiante. Il est parcouru par le courant d'alimentation de l'arc.

1° Relions A au pôle négatif du secteur continu, B au pôle positif. L'arc tourne avec rapidité. Mais cette solution est sans intérêt pratique, en raison du faible éclat du pôle négatif immobile porté par A.

2° Inversons les connexions : A est pôle positif, brillant, mais l'arc ne tourne pas. Aug-

(¹) Séance du 8 juin 1925.

mentons le champ H; pour cela, introduisons le système AB (sans le solénoïde), entre les armatures d'un électro-aimant, le crayon A passant dans l'une des pièces polaires, percée. Augmentons progressivement H : l'arc ne tourne pas davantage. Si l'on insiste, l'arc se coupe net. Il se coupe de même instantanément chaque fois qu'on le rallume.

Ces résultats s'interprètent aisément : Quand il n'y a pas d'émission électronique secondaire, l'existence de l'arc électrique est, conformément à la théorie, liée à l'émission d'électrons par la cathode incandescente : dans la première expérience, l'extrémité de A est une cathode fixe, à température constante; la rotation de l'arc ne compromet en rien la production des électrons. Au contraire, dans la seconde expérience, la rotation de l'arc tend à pousser la tache cathode vers une région froide de l'anneau; il devient donc impossible de déplacer cette tache sans que l'arc se coupe.

3° On déduit de ce qui précède la possibilité de l'expérience suivante : Montons sur le circuit d'un arc ordinaire à charbons un interrupteur et un inverseur. Coupons à la main le courant pendant un temps très court. En général, si le mouvement n'a pas été exécuté avec une grande rapidité, l'arc ne se rallume pas : le pôle négatif s'est trop refroidi pour produire encore, après fermeture du circuit, les électrons nécessaires. Au contraire coupons le courant en inversant; l'arc se rallume bien plus facilement : après inversion, c'est l'ancien cratère positif encore très chaud qui devient en effet pôle négatif.

III. Il résulte des expériences ci-dessus que le dispositif figuré doit en général permettre de réaliser un arc tournant si le courant d'alimentation est alternatif. En effet, dans des conditions de champ magnétique convenables, l'arc tournera, d'après II (1° et 2°), pendant les alternances où le crayon A est pôle négatif; il se fixera au contraire pendant les autres alternances où le crayon A est pôle positif. S'il en est bien ainsi, avec le dispositif figuré, l'arc devra tourner dans le même sens qu'un point mobile qui parcourait le solénoïde en se rapprochant de l'anneau B.

L'expérience montre qu'il en est bien ainsi.

Nous avons alimenté successivement le dispositif figuré avec un courant de 9 A. 500 ∼ et de 9 A. 50 ∼. La tension efficace aux bornes du générateur était dans l'un et l'autre cas 150 volts.

Dans le cas du courant à 500 ∼, le courant entier d'alimentation passe dans le solénoïde S; la rotation de l'arc est d'ailleurs assez lente (de l'ordre de un ou deux tours à la seconde). Avec un réglage convenable des distances et des dimensions des charbons, la tache incandescente du crayon A paraît fixe malgré cette faible vitesse. L'usure de l'anneau B est automatiquement très régulière.

Dans le cas du courant à 50 ∼, l'arc tend, dans les mêmes conditions, à tourner très vite; il est instable. Il faut shunter fortement S, par exemple par un fil droit de même grosseur et de même longueur qu'une généra-

trice : En effet, plus la période est longue, plus les régimes de rotation rapide correspondant à un crayon A négatif (cf. II, 1°) ont le temps de s'installer.

Dans le cas de l'arc alternatif, l'éclat de la pointe A est évidemment un peu moindre que celui du cratère positif d'un arc continu; mais cet éclat est encore assez élevé pour rendre des services. Il est aisé d'imaginer des dispositifs automatiques pour régler l'arc, comme aussi pour le rallumer, par basculage du crayon A, au cas d'une extinction accidentelle.

MAGNÉTISME. — *Sur l'aimantation des ferronickels (saturations et moments atomiques).* Note de M. **Marcel Peschard**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai communiqué précédemment [1] le diagramme des ferronickels tel qu'il résulte de mes expériences sur 30 échantillons très purs.

Par une méthode d'induction j'ai fait également l'étude de l'aimantation (saturations et lois d'approche) aux basses températures.

1° La figure 1 représente les courbes d'aimantation spécifique à saturation en fonction du titre atomique, déterminées aux températures : + 16°C.; − 79°C. − 188°C. La combinaison Fe^2Ni se manifeste avec éclat sur ces courbes. A partir de cette combinaison, vers le nickel, il n'y a qu'une aimantation pour un alliage donné. Vers le fer, au contraire, il y a deux aimantations possibles (du moins pour les alliages voisins de Fe^2Ni) selon que le ferronickel est dans l'état β ou dans l'état γ. Les alliages riches en fer s'aimantent un peu plus fortement que le fer pur.

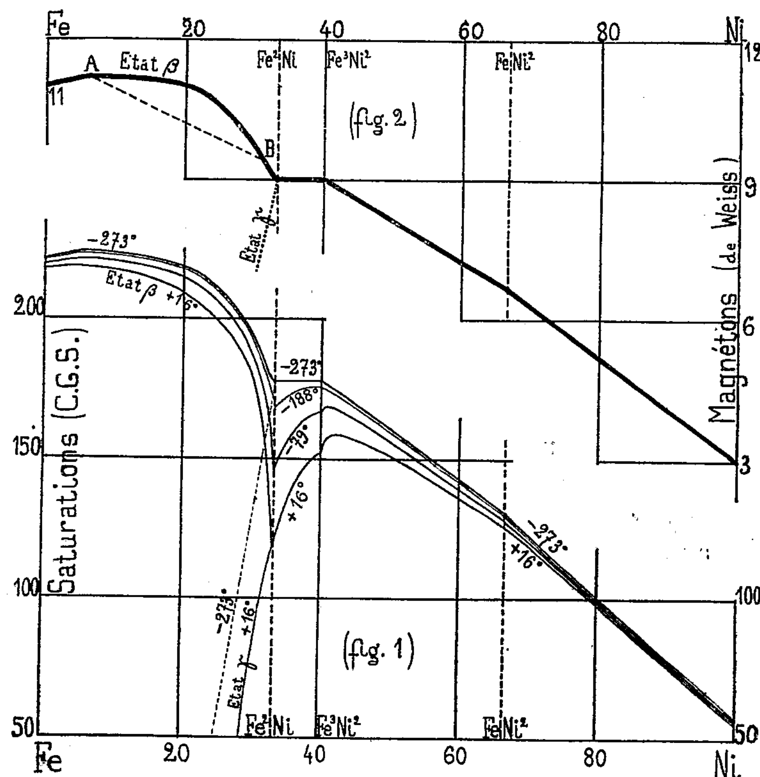
2° La valeur au zéro absolu de chaque saturation a été extrapolée d'une manière aussi correcte que possible grâce à la mise en évidence d'une loi parabolique $\sigma = \sigma_0 - KT^2$. Cette loi approximative est acceptable pour un grand nombre d'alliages dans l'intervalle de températures utilisé. Fe^2Ni et ses voisins font exception.

3° La figure 2 représente la courbe des *moments atomiques* exprimés en magnétons, en fonction des titres atomiques. Cette courbe ressemble à celle des saturations spécifiques au zéro absolu. Trois points remarquables sont mis en évidence : ils correspondent aux combinaisons Fe^2Ni, Fe^5Ni^2, $FeNi^2$ déjà rencontrées dans l'étude du diagramme. Les deux premières possèdent 9 magnétons par atome; la troisième, soupçonnée depuis long-

(1) Marcel Peschard, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1475.

temps, mais restée incertaine, possède 20 magnétons dans les trois atomes.

Du côté des réversibles, l'invariance des moments atomiques entre Fe^2Ni et Fe^3Ni^2 est remarquable ainsi que les variations linéaires entre Fe^2Ni^2 et $FeNi^2$ et entre $FeNi^2$ et Ni. Ceci vérifie que l'aimantation à saturation dans les solutions solides en équilibre obéit à la règle des mélanges.



Du côté des irréversibles, les états β et γ doivent être distingués. Les moments dans l'état γ sont mal connus à cause de la lointaine extrapolation qui est nécessaire, mais j'ai pu établir que leur décroissance est très rapide si la teneur en fer augmente; la variation paraît linéaire.

L'état β est représenté par une courbe allant du fer à Fe^2Ni. Cette courbe s'élève légèrement du fer à l'abscisse $Ni = 6,5$ (environ), puis descend de plus en plus vite. Si les alliages ont subi un refroidissement très lent (21 jours de 900° C. à 50° C.) ils se placent au-dessous de la courbe tracée. On est fondé à croire qu'une collection de ferronickels en complet équilibre se rangerait sur la droite AB (*fig.* 2). Ces ferronickels seraient

très probablement ségrégés en camacite (point A) et taenite (point B). Une météorite très pure et bien ségrégée (Chinautla, 1902), que j'ai pu étudier grâce à l'obligeance de M. G. Friedel, m'a fourni un point figuratif précisément situé sur la droite AB.

4° A chaque température, la loi d'approche vers la saturation est, en règle générale, hyperbolique : $\sigma = \sigma_\infty\left(1 - \frac{a}{H}\right)$. Les coefficients a varient d'un alliage à l'autre depuis 1 jusqu'à 40.

A l'état γ, l'aimantation dans les champs forts suit une loi différente. Bien que l'alliage soit une solution solide homogène, l'aimantation se compose de deux parties : le ferromagnétisme et un *très fort* paramagnétisme. Ce dernier, nul pour Fe^2Ni, croît avec la teneur en fer. Dans l'alliage Ni = 29,7 il est donné par $\chi = 1,3 . 10^{-3}$. Après défalcation de ce paramagnétisme on retrouve la loi d'approche hyperbolique pour le ferromagnétisme restant.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Étude de savons et de graisses des rayons X*. Note de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. de Broglie.

Dans une précédente Note [1], j'ai étudié l'orientation des acides gras et des diacides au moyen des rayons X, afin d'avoir des renseignements sur la structure de ces corps et l'accroissement régulier de la grande distance réticulaire avec le nombre des CH^2 de la chaîne.

Dans le présent travail, j'ai cherché à voir si la nature du support d'orientation avait une influence; c'est ainsi que j'ai été amené à étudier les orientations causées par les métaux.

1. *Action des métaux*. — La technique utilisée est celle déjà employée pour le verre : 2 à 3 gouttes d'une solution alcoolique d'acide gras sont versées sur la lame métallique préalablement nettoyée et polie; on laisse évaporer lentement, puis on prend un spectre par la méthode du cristal tournant (anticathode fer). En n'utilisant d'abord qu'un seul acide — ici, l'acide palmitique — on peut constater que, tandis que certains métaux ne fournissent qu'un spectre identique à celui de l'acide sur verre, d'autres au contraire fournissent en plus un deuxième spectre qui se superpose au premier, en donnant parfois une apparence très compliquée à la radiographie.

Ce deuxième spectre, après avoir écarté différentes hypothèses, a été

---

(1) J.-J. Trillat, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1329.

attribué à la formation d'une mince couche de savon, orientée elle aussi, et surmontée d'une couche d'acide pur. L'acide et le savon fournissent leur spectre propre; leurs intensités relatives peuvent donner des renseignements intéressants sur l'affinité de l'acide pour le métal, la facilité avec laquelle se forme le savon; la méthode est peut-être susceptible d'être étendue à l'étude des réactions de contact.

Le spectre de savon est particulièrement intense pour Pb, Sn, Sb, assez intense pour Fe, Cu, Bi, faible pour Ni, Zn, Mo, nul pour Al, Pd, Pt et Au. Le fait remarquable est que tous les spectres de savons du même acide fournissent sensiblement la même distance réticulaire de 46,3 Å, sauf pour le cuivre (43,5 Å). De plus, au lieu de présenter des renforcements pour les ordres impairs et des affaiblissements pour les ordres pairs [1], on obtient des raies à intensités régulièrement décroissantes, ce que l'on peut expliquer en admettant que seuls les atomes de métal diffractent, et que la distance mesurée correspond à l'écartement de deux atomes métalliques consécutifs.

Cette étude permet donc de montrer que la nature chimique du support peut influer sur le spectre obtenu, et de tirer des renseignements sur la structure et la nature des couches d'attaque.

2. *Étude des savons.* — Les lames de plomb donnant de très bons spectres de savon, j'ai cherché ici si la variation des distances réticulaires se conservait aussi pour ces corps. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Savon.	Nombre d'atomes C N.	*d*.	$\Delta(C^{n+2}-C^{n})$.	$\frac{\Delta d}{\Delta N}$.
1. Stéarate Pb.......	18	51,3	"	"
2. Palmitate Pb.......	16	46,3	5 Å	1,25 Å
3. Myristate Pb.......	14	41,2	5,1	1,27
4. Laurate Pb.......	12	35,8	5,4	1,35
5. Caprate Pb.......	10	30,6	5,2	1,30
6. Caprylate Pb.......	8	25,4	5,2	1,30
7. Caproate Pb.......	6	20	5,4	1,35
8. Oléate Pb.......	18 (non saturé)	37,5 et 29,8	"	"
9. Élaïdate Pb.......	18 (non saturé)	50	"	"

Observations. — 1 à 5. Deux spectres superposés. — 6 à 9. Spectre savon seul.

[1] Voir L. DE BROGLIE et J.-J. TRILLAT, *Interprétation physique des spectres X d'acides gras* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1485).

Ainsi la variation de la distance réticulaire est très régulière, et de l'ordre de 1,3 Å par CH^2 ajouté. L'accroissement par atome de carbone $\frac{\Delta d}{\Delta N}$ est supérieur à celui observé pour les acides gras $\left(\frac{\Delta d}{\Delta N} = 1\ \text{Å}\right)$, mais de l'ordre de celui observé pour les éthers $\left(\frac{\Delta d}{\Delta N} = 1{,}22\ \text{Å}\right)$.

Il est intéressant de constater que des acides même liquides à la température ordinaire, comme l'acide caprylique, caproïque et oléique, fournissent tout de même le spectre de leur savon, et peuvent ainsi être étudiés directement sans l'aide d'une chambre froide.

3. *Étude de quelques graisses et cires.* — J'ai constaté que la plupart des graisses et des cires étaient susceptibles de s'orienter par simple fusion sur verre, et de fournir des spectres ordinairement assez intenses qui pourront servir à l'analyse rapide de ces corps, et aussi à fournir des renseignements sur leur structure.

Jusqu'ici les corps étudiés ont donné les résultats suivants :

Substance.	*d.*
1. Margarate de glycéryle	48 Å
2. Huile de soja hydrogénée	47
3. Blanc de baleine	42,7
4. Cire de Chine	42
5. Cérésine blanche	39,1
6. Lécithine pure	47

Observations. — 1 à 3. Spectre à ordres impairs renforcés. — 4 et 5. Spectre à ordres d'intensités régulièrement décroissantes. — 6. Spectre à ordres impairs renforcés.

Il est remarquable que des produits aussi mal cristallisés fournissent par fusion sur verre d'aussi bons spectres qui permettent de se faire une idée de leur nature et de leur composition.

Il faut signaler aussi le cas de la lécithine dont le premier ordre de réflexion est excessivement intense, surtout étant donnée la grandeur de la distance réticulaire; ce corps pourrait être précieux pour l'étude spectrographique des rayons X mous.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de très faibles quantités de substances étrangères sur la stabilité des solutions colloïdales.* Note (¹) de M. A. **Boutaric** et de Mme Y. **Manière**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. La stabilité d'une solution colloïdale peut être très notablement modifiée par l'addition de faibles quantités de substances étrangères.

Déterminons la dose maxima α d'un certain agent floculant que peut supporter un colloïde sans présenter aucune trace de floculation. Déterminons ensuite la dose maxima β qu'il en peut supporter après qu'on lui a ajouté une petite quantité d'une substance étrangère. Si β est supérieur à α, c'est que la substance étrangère ajoutée au colloïde le protège vis-à-vis de l'agent floculant. L'expression $\frac{\beta-\alpha}{\alpha}$ peut être prise comme mesure de l'effet protecteur.

2. L'addition de certains électrolytes en quantité très faible peut protéger un colloïde contre la floculation par d'autres électrolytes. Ainsi une trace d'ammoniaque, telle qu'en peut absorber un sol de sulfure d'arsenic au voisinage duquel se trouve un flacon débouché contenant de l'ammoniaque, protège le sol très nettement vis-à-vis des floculations par les acides (HCl, H^2SO^4), les chlorures alcalins et le chlorure d'aluminium. La potasse se comporte de manière identique. De même potasse et ammoniaque protègent les suspensions de gomme-gutte et de résine mastic vis-à-vis des floculations par les acides, les chlorures alcalins.

On ne saurait dire cependant que ces corps accroissent de façon absolue la stabilité des colloïdes dans lesquels on les introduit. S'ils les protègent contre la floculation par certains électrolytes, ils les rendent au contraire plus sensibles à l'action d'autres électrolytes. L'ammoniaque et la potasse accroissent l'instabilité du sulfure d'arsenic, de la gomme-gutte, de la résine mastic, vis-à-vis des chlorures de baryum, de magnésium.

Tous les sels introduits en petite quantité dans un colloïde exercent des actions du même genre. Le silicate de sodium protège le sulfure d'arsenic, la gomme-gutte, la résine mastic, comme le font l'ammoniaque et la potasse vis-à-vis des floculations par les acides, les chlorures alcalins, il rend les mêmes sols plus sensibles à l'action des chlorures de baryum et de magnésium.

(¹) Séance du 8 juin 1925.

La floculation, par beaucoup d'électrolytes, de sols ou de suspensions conservés dans des récipients de verre se modifie avec le temps. Les variations d'allure qui se produisent ainsi semblent à première vue très capricieuses et nous ont longtemps arrêtés; il nous paraît possible de les interpréter par la dissolution de très faibles quantités de silicate du verre.

3. Dans l'étude systématique d'un colloïde c'est l'influence de tous les corps sur la floculation par tous les agents floculants qu'il faudrait successivement étudier.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus sur le sulfure d'arsenic. Il indique l'influence qu'exerce sur la floculation par divers électrolytes la présence, en quantité très faible des corps énumérés dans la première colonne : la lettre P désigne une protection; la lettre A un accroissement de sensibilité du sol vis-à-vis de l'électrolyte (pour une même quantité d'électrolyte, la présence du corps accélère la floculation); la lettre R a été adoptée lorsque aucune action n'a été constatée.

Sols de sulfure d'arsenic.

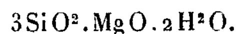
Corps ajoutés en faible quantité.	Floculation par :								
	HCl.	H^2SO^4.	KCl.	NH^4Cl.	$LiCl$.	$BaCl^2$.	$MgCl^2$.	$CdCl^2$.	$AlCl^3$.
KCl......	″	″	P	P	P	P	P	R	A
NH^4Cl....	″	″	P	P	P	P	P	R	A
$LiCl$.....	″	″	P	P	P	P	P	R	A
$BaCl^2$....	″	″	P	P	P	A	A	A	A
$MgCl^2$....	″	″	P	P	P	A	A	A	A
$CdCl^2$....	″	″	P	P	P	A	A	R	A
$AlCl^3$....	″	″	″	″	″	A	A	″	A
Na^2SiO^3..	P	P	P	P	P	A	A	A	P
NH^3......	P	P	P	P	P	A	A	A	P
KOH.....	P	P	P	P	P	A	A	A	P

4. L'action bienfaisante de traces de substances étrangères dans un colloïde fait penser naturellement aux traitements homéopathiques par des médicaments administrés à dose très faible. Peut-être pourrait-on pousser assez loin la comparaison. Comme nous l'avons vu, l'introduction de substances étrangères ne protège pas toujours le colloïde vis-à-vis de ous les agents floculants; si elle les protège vis-à-vis de certains de ces agents, elle accroît parfois leur vulnérabilité vis-à-vis de certains autres.

C'est donc avec prudence qu'il convient d'introduire des substances étrangères dans les colloïdes tout comme dans les êtres vivants.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un silicate de magnésium artificiel.* Note de M. **A. Damiens**, présentée par M. Le Chatelier.

Quelques essais ont été tentés pour obtenir certains silicates métalliques définis par double décomposition en présence de l'eau entre un silicate alcalin et un sel soluble. C'est ainsi que Heldt (¹) a publié en 1865 l'analyse du précipité blanc qui résulte de l'action d'une solution de sulfate de magnésium sur la liqueur des cailloux. Les chiffres trouvés par lui et rapportés ci-dessous correspondent sensiblement à la formule



$$3SiO^2.MgO.2H^2O.$$

	Trouvé.	Calculé.
SiO^2	71,4	70,05
MgO	17	15,82
H^2O	12,7	14,13

La composition de la solution de silicate alcalin employée n'a pas été donnée.

En répétant l'expérience à partir de solutions de silicates de sodium $3SiO^2.Na^2O$, $2SiO^2.Na^2O$, $SiO^2.Na^2O$, nous avons constaté que le précipité, soigneusement lavé puis déshydraté au rouge vif jusqu'à poids constant, fournissait toujours à l'analyse pour la somme silice + magnésie un déficit dû à la présence d'une proportion élevée d'oxyde de sodium, pouvant atteindre et même dépasser dans certains essais 6 pour 100. Le dosage de ce métal a été réalisé, après élimination de la magnésie, par l'établissement du rapport $\frac{SO^4Na^2}{2NaCl}$. La proportion de 6 pour 100 peut être atteinte lorsque l'on verse la solution de sulfate de magnésium dans la solution de silicate (2 ou $3SiO^2.Na^2O$).

Elle varie avec les conditions d'expérience (concentration des solutions, vitesse de la précipitation, etc.). S'il y a excès de magnésium, la proportion de soude peut atteindre encore 1 pour 100.

Il découle de ces observations que les chiffres de Heldt sont entachés d'erreur. On n'obtient, dans aucun cas, un silicate de magnésium pur.

En cherchant l'explication de ce phénomène, nous avons constaté que le produit obtenu est, en partie, à l'état colloïdal, surtout s'il a été obtenu en

(¹) Heldt, *Journal für praktische Chemie*, 94, 1865, p. 157.

présence d'un excès de silicate. Les grains colloïdaux sont négativement chargés et très nombreux. Nous avons pu en compter par dilution à 0,15 pour 100 et grossissement à 1000 diamètres $1,5.10^6$ par centimètre cube. La surface intervenant dans le phénomène d'absorption est donc considérable.

En fractionnant le dépôt du précipité pendant environ 2 mois, nous avons séparé des particules de plus en plus fines que nous avons analysées séparément. Les résultats de ces analyses sont consignés ci-dessous, le silicate de sodium utilisé étant $2SiO^2.Na^2O$.

Fractions.	Composition centésimale. SiO^2.	MgO.	Na^2O.
Parties fines colloïdales) :			
1 (les plus fines)	53,1	17,20	28,29
2 »	52,23	17,36	28,02
3 »	53,31	18,71	27,10
4 »	57,10	18,70	23,31
5 »	59,92	18,11	20,82
6 »	61,67	18,32	18,91
Parties grossières :			
I	72,61	20,37	5,97
II	72,10	20,23	6,18
III (les plus grosses)	72,13	20,40	5,87

Aucune des compositions observées ne correspond à un silicate simple. Les données analytiques précédentes peuvent être exprimées en formules chimiques :

Fractions.		Formules.	Rapport $\frac{SiO^2}{MgO.Na^2O}$.
Parties fines	1	$2SiO^2.0,97\,MgO.1,03\,Na^2O$	1,00
	2	$2SiO^2.1\ \ MgO.1,03\,Na^2O$	0,97
	3	$2SiO^2.1,05\,MgO.0,97\,Na^2O$	0,989
	4	$2SiO^2.0,98\,MgO.0,77\,Na^2O$	1,13
	5	$2SiO^2.0,90\,MgO.0,67\,Na^2O$	1,26
	6	$2SiO^2.0,89\,MgO.0,59\,Na^2O$	1,35
Parties grossières	I	$SiO^2.0,42\,MgO.0,08\,Na^2O$	2,00
	II	$SiO^2.0,42\,MgO.0,08\,Na^2O$	2,00
	III	$SiO^2.0,42\,MgO.0,07\,Na^2O$	2,00

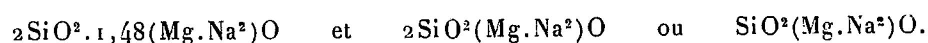
On voit que les gros grains ont nettement pour formule



$$2SiO^2(Mg.Na^2)O.$$

Les grains fins colloïdaux, beaucoup plus riches en bases, ont par contre

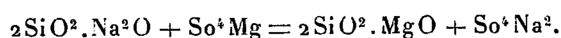
des compositions variant entre



$2SiO^2.1,48(Mg.Na^2)O$ et $2SiO^2(Mg.Na^2)O$ ou $SiO^2(Mg.Na^2)O$.

Cette dernière composition, qui est celle d'un métasilicate mixte, correspond à la limite de saturation en soude du précipité dans les conditions de la préparation.

Cet ensemble de faits laisse penser que la double décomposition saline entre le silicate de sodium $2SiO^2.Na^2O$ et le sulfate de magnésium donne primitivement :



$$2SiO^2.Na^2O + So^4Mg = 2SiO^2.MgO + So^4Na^2.$$

Au moment de la précipitation, les parties grossières du précipité de silicate magnésien absorbent une certaine proportion de silicate de sodium, de sorte qu'elles présentent finalement une composition du type $2SiO^2(Mg.Na^2)O$. D'autre part, les particules les plus fines, colloïdales et chargées négativement, superposent à cette fixation l'absorption d'ions Na^+, c'est-à-dire qu'elles se chargent de soude, présente dans la liqueur par suite de la dissociation du silicate de sodium restant. Leur composition tend alors vers celle du métasilicate $SiO^2(Mg.Na^2)O$, qui est atteinte pour les particules les plus fines. Il y a nettement, pour ces particules colloïdales, tendance à la saturation de la silice.

Si, au lieu du silicate de sodium $2SiO^2.Na^2O$, on utilise une solution du silicate $3SiO^2.Na^2O$, les phénomènes sont du même ordre, avec cette différence que les parties grossières du précipité ont pour formules $3SiO^2(Mg.Na^2)O$. De même $SiO^2.Na^2O$ conduit à $SiO^2(Mg.Na^2)O$. Les silicates potassiques conduisent à des résultats du même ordre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur les complexes de l'iodure stannique.* Note de MM. **V. Auger** et **T. Karantassis**, présentée par M. G. Urbain.

Les chlorures et les bromures stanneux et stanniques fournissent un nombre considérable de complexes très variés, aussi bien avec les sels métalliques qu'avec les sels des bases organiques; mais lorsqu'on s'adresse aux iodures, il n'en est plus de même et, en particulier, les composés du type SnI^6M^2, dans lesquels M représente un métal, manquent totalement. Nous avons entrepris cette étude pour tâcher d'en obtenir, ou tout au moins de nous rendre compte des causes de cette lacune.

Iodure stannique, eau, acide iodhydrique. — L'iodure est soluble dans l'eau, mais son hydrolyse est immédiate, et ce n'est qu'en le traitant d'abord par une solution diluée iodhydrique qu'on peut obtenir une solution d'une stabilité relative qui se maintient pendant quelques jours sans altération; elle finit toujours par précipiter soit du SnO^2 hydraté, soit un mélange de I^4Sn et d'un oxyiodure lorsque l'acide est plus concentré que $2n$. Chauffé vers 40°-50°, elle se prend en une masse cristalline formée principalement d'aiguilles jaunes d'un oxyiodure que nous n'avons pu isoler à l'état pur, car il est très instable et se transforme, suivant les conditions, en SnO^2 ou en SnI^4.

L'addition de INa, IK, INH^4 à cette solution ne change rien à ses réactions, mais il en est tout autrement lorsqu'on opère avec IRb ou ICs ou avec les iodhydrates de certaines bases fortes organiques, telles que $(CH^3)^3N$ ou avec les iodures de bases quaternaires : $(CH^3)^4NI$, $(CH^3)^4AsI$; dans ces cas on obtient des complexes colorés en brun foncé ou en noir.

Stanni iodures, SnI^6M^2. — Le *sel de rubidium* SnI^6Rb^2 a été obtenu en broyant un mélange de I^4Sn en excès et IRb en présence d'une solution de IH. La masse orangée, étant soumise à la dessiccation, noircit peu à peu et se transforme en une masse de cristaux cubiques noirs, microscopiques. Pour obtenir un sel pur, nous avons employé un excès de I^4Sn et séché la masse noire à l'étuve à 100° jusqu'à poids constant. Nous avons en effet observé que I^4Sn est déjà très volatil à 100° : 0g,5 de ce composé chauffé à l'étuve entre deux verres de montre se subliment totalement en 24 heures. Le mélange des composants, chauffé de même, perd après un chauffage de 40 heures tout son excès d'iodure, et le résidu cristallin a fourni à l'analyse :

	Trouvé.	Calculé pour SnI^6Rb^2.
Sn pour 100	11,82	11,32
I »	71,78	71,49

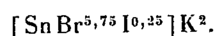
Le sel de cœsium, obtenu de la même manière, cristallise en cubes noirs microscopiques. Il a fourni à l'analyse :

Pour 100.	Calculé.
Sn 10,6	10,37
I 66,11	66,43

Le sel de tétraméthylarsonium $SnI^6[(CH^3)^4As]^2$ contenait :

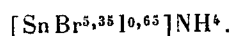
Pour 100.	Calculé.
I 66,4	66,2

Cristaux mixtes de complexes iodo et bromostanniques. — On a observé, dans certains groupes de sels isomorphes tels que les aluns, que certaines formes qui ne se laissent pas préparer à l'état pur, par suite de leur instabilité, peuvent cependant se réaliser lorsqu'on les engage dans un composé isomorphe stable. Les complexes iodés de K et NH^4, instables, peuvent exister sous forme de mixtes en présence des bromures correspondants $SnBr^6M^2$. En mélangeant des solutions concentrées de Br^4Sn avec IK, on obtient un précipité abondant de I^4Sn qu'on redissout dans une solution de BrH; par évaporation, la liqueur laisse déposer des octaèdres rouges contenant 3,81 pour 100 d'iode, ce qui correspond au mixte



$$[SnBr^{5,75}I^{0,25}]K^2.$$

Avec INH^4, les octaèdres obtenus sont de couleur grenat et contiennent



$$[SnBr^{5,35}I^{0,65}]NH^4.$$

Il ne nous a pas été possible d'obtenir des mixtes chloro-iodés dont l'existence semble cependant *a priori* possible; peut-être pourrons-nous en obtenir avec Rb ou Cs dont les iodures sont stables.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'anhydride carbonique et de l'oxyde de carbone.* Note de MM. **P. Lebeau** et **P. Marmasse**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Au cours des nombreuses analyses de gaz que nous avons effectuées et dans lesquelles nous avons fréquemment utilisé, comme moyen de séparation de certains constituants des mélanges gazeux, leur condensation à l'aide des basses températures produites avec l'air liquide, il nous a été donné de constater que l'anhydride carbonique n'avait pas de tension appréciable dans ces conditions.

Il nous est apparu que cette propriété pouvait être mise à profit pour le dosage de petites quantités de ce gaz, et par suite pour le dosage de l'oxyde de carbone après sa transformation en gaz carbonique. On peut, en effet, obtenir aisément des résultats très satisfaisants lorsque le gaz carbonique est contenu dans un milieu tel que l'air, ainsi qu'il résulte des expériences préliminaires suivantes :

A de l'air ayant traversé plusieurs laveurs à eau de baryte, on a ajouté des quantités parfaitement déterminées d'anhydride carbonique :

Essais.	Volume d'air privé de CO^2.	CO^2 ajouté.	pour 100.	extrait.	pour 100.
I.....	505,50 cm³	0,42	0,083	0,427	0,084
II.....	194,40	0,26	0,134	0,25	0,129

Ce procédé, appliqué au dosage du gaz carbonique dans l'air atmosphérique, sur deux échantillons d'air prélevés à un jour d'intervalle dans le jardin de la Faculté de Pharmacie et sur un autre échantillon recueilli dans notre laboratoire, a donné les résultats suivants :

Échantillons.	Volume utilisé pour l'analyse.	CO^2 trouvé.	pour 1000.
Air du jardin (juin)..........	901,95 cm³	0,225	0,25
»	904,09	0,230	0,25
Air du laboratoire (juin)......	1000	0,570	0,57

Pour le dosage de l'oxyde de carbone, nous réalisons sa transformation en gaz carbonique au moyen de l'anhydride iodique chauffé à 150°.

Dans le cas d'un mélange gazeux complexe, nous avons utilisé un appareil comprenant en premier lieu : une cloche de verre disposée sur la cuve à mercure. Cette cloche, d'un diamètre de 45^{mm} environ et d'une hauteur de 15^{cm}, est surmontée d'un tube de verre long de 80^{cm} et d'un diamètre de 15 à 20^{mm}. A l'extrémité supérieure de ce tube, est disposée une petite soupape conique en verre rodé. Cette soupape sert à retenir le mercure violemment projeté lors de l'introduction des premières bulles de gaz, en raison du fait que dans la partie supérieure du tube existe un vide très poussé. Elle limite en outre automatiquement le débit du gaz à 5 à 600^{cm^3} à l'heure. Au-dessus de la soupape est soudé un tube de verre de 6^{mm} de diamètre, reliant la cloche à deux condenseurs refroidis par l'air liquide, dans lesquels sont retenus tous les constituants du mélange gazeux, sans tension de vapeur à cette température et par conséquent l'anhydride carbonique pouvant préexister dans le gaz.

Cette partie de l'appareil peut être mise en communication, soit directement avec une trompe à mercure, soit avec un dispositif permettant de faire intervenir l'anhydride iodique à la température de 150° et de retenir l'iode formé, à l'état d'iodure de mercure. Entre ce dispositif et la trompe à mercure, se trouvent encore un ou deux condenseurs refroidis vers — 190°.

Pour effectuer un dosage d'oxyde de carbone dans un mélange gazeux

complexe, ce dernier est introduit, sous un volume déterminé, dans la cloche décrite ci-dessus, les divers condenseurs étant préalablement plongés dans l'air liquide et l'anhydride iodique étant porté à 150°. On procède à une extraction lente au moyen de la trompe à mercure.

Les carbures d'hydrogène, homologues supérieurs du méthane, les carbures éthyléniques et acétyléniques, ainsi que l'anhydride carbonique sont retenus dans les premiers condenseurs. Les autres gaz passent ensuite sans altération sur l'anhydride iodique où seul l'oxyde de carbone se transforme en gaz carbonique. Ce dernier reste solidifié dans le condenseur voisin de la trompe, alors que les autres gaz sont extraits totalement. On interrompt alors la communication avec le premier système de condenseurs au moyen de valves à mercure, puis, laissant réchauffer le deuxième condenseur, on recueille, avec la trompe à mercure, l'anhydride carbonique résultant de l'oxydation de l'oxyde de carbone, on en mesure le volume et l'on procède à son absorption par l'eau de baryte pour vérification. Il est ensuite facile, par le jeu des valves à mercure, d'extraire le gaz carbonique préexistant dans le mélange.

En faisant passer dans cet appareil, dans les conditions qui viennent d'être décrites, un litre d'hydrogène préparé par l'action de l'eau sur l'amalgame de sodium, la quantité de gaz carbonique extraite a été inférieure à 0,005 centimètre cube.

L'hydrogène ayant servi dans cet essai préliminaire a été additionné de 0,35 pour 1000 d'oxyde de carbone. L'analyse a permis de retrouver exactement cette proportion.

Dans un autre essai, le mélange gazeux avait la composition calculée ci-dessous :

Hydrogène $= 997,342$; $CO = 0,878$; $CH^4 = 1,78$.

La proportion d'oxyde de carbone, déduite du volume d'anhydride carbonique recueilli, a été de 0,87. La présence du méthane n'a donc pas influencé le dosage de l'oxyde de carbone.

L'application de cette méthode à l'examen de deux échantillons industriels d'hydrogène a fourni des résultats parfaitement concordants, ces deux échantillons contenant respectivement 0,26 et 0,16 pour 100 d'oxyde de carbone.

L'examen de quatre gaz provenant de différents puits de Péchelbronn a conduit à des résultats absolument négatifs, fait particulièrement intéressant au point de vue de la valeur de la méthode, puisqu'il s'agit ici de mélanges gazeux complexes riches en hydrocarbures.

Enfin nous ajouterons qu'en faisant passer plusieurs litres d'air dans notre appareil, la quantité de gaz carbonique pouvant résulter de l'oxydation de traces d'oxyde de carbone, a été inférieure à 0,005 pour 1000.

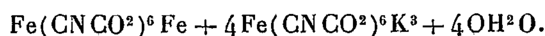
CHIMIE. — *Sur de nouveaux complexes du fer dérivés des triazines.*
Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On a souvent considéré les cyanures complexes de la famille du fer comme dérivés d'un acide tricyanhydrique $(CNH)^3$, et attribué à celui-ci une structure hexagonale qui en ferait l'azocarbure fondamental de la série des triazines.

Nous nous sommes demandé s'il n'était pas possible d'apporter un argument en faveur de cette hypothèse en montrant que le noyau triazinique était un groupement générateur de complexes, et, dans ce but, nous avons étudié les sels à peine décrits de l'acide triazine-tricarboxylique $C^3N^3(CO^2H)^3$. Disons de suite que nos présomptions ont été vérifiées et que nous avons obtenu des sels de fer, de cobalt, analogues aux métallocyanures, tant par leur constitution que par la vivacité de leurs teintes et la nature de leurs réactions photochimiques.

Dérivés ferriques. — L'addition d'un sel ferrique à une solution de triazine-tricarboxylate de potassium donne un précipité chamois du sel de fer, qui se redissout par agitation jusqu'à ce que le liquide, devenu jaune brun, contienne un atome de fer pour deux molécules de sel organique.

La solution contient alors la combinaison $Fe[C^3N^3(CO^2)^3]^2K^3$, qui réagit à peine au sulfocyanure et se colore seulement en bleu ou en rouge par le ferrocyanure ou l'ammoniaque; un excès de sel alcalin masque presque totalement les réactions du fer. En quelques heures, la solution contenant un excès de sel alcalin précipite le sel complexe, parfois en cristaux rectangulaires jaune orangé : $Fe[C^3N^3(CO^2)^3]^2K^3 + 24H^2O$, qu'on pourrait, par analogie, noter $Fe(CNCO^2)^6K^3$ et appeler le ferricyanocarboxylate de potassium. Mais quand on part d'un liquide ne contenant pas de sel alcalin en excès, les quelques ions ferriques présents donnent lieu à une double décomposition, et il se sépare le sel double :



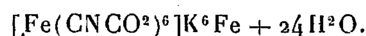
$$Fe(CNCO^2)^6Fe + 4Fe(CNCO^2)^6K^3 + 40H^2O.$$

Le sel de fer initial et les complexes dérivés jouissent de la propriété remarquable d'être extrêmement sensibles à l'action de la lumière, soit à l'état sec, soit à l'état dissous. Les radiations bleues, violettes et ultravio-

lettes font virer rapidement leur teinte au brun terre de Sienne; mais la réaction est lentement réversible à l'obscurité. Avec un papier sensibilisé à l'aide de ces sels, on peut obtenir des positifs à détails très fouillés, même au départ d'un négatif à faibles contrastes.

Dérivés ferreux. — L'addition d'un sel ferreux au triazinetricarboxylate de potassium ne donne pas de précipité en solution étendue, mais provoque l'apparition d'une coloration rouge cochenille extrêmement intense, qu'on peut reconnaître, sous une épaisseur de 1^{cm}, dès qne la teneur en fer atteint $0^{mg},5$ au litre. L'alcool en précipite le complexe $Fe(CNCO^2)^6K^4$, analogue au ferrocyanure, de couleur lie de vin, mais toujours impur.

Le complexe ferreux est en effet beauconp plus dissocié en solution que le complexe ferrique; il montre les réactions d'un sel ferreux très dilué, et la présence d'ions métalliques libres donnent lieu à l'autoprécipitation de petits cristaux violets gris, à poudre bleu indigo intense :



$$[Fe(CNCO^2)^6]K^6Fe + 24H^2O.$$

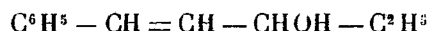
Ce sel, presque insoluble dans l'eau, n'est pas altéré par la lumière; on peut le regarder comme un ferrocyanocarboxylate ferrosopotassique.

Nous sommes donc en possession d'une nouvelle catégorie de sels analogues aux métallocyanures, mais de moindre stabilité.

Cette fragilité du complexe triazinique se manifeste d'ailleurs de deux façons : d'abord, par la dissociation du radical acide, qui libère des ions métalliques en solution, ensuite par la facilité avec laquelle le noyau triazinique $C^3N^3(CO^2H)^3$ passe à l'acide cyanoformique $CN - CO^2H$. Il y a là une propriété particulièrement heureuse pour l'analyste, car un traitement à la potasse chaude précipite le métal à l'état d'hydrate, dégage tout l'azote à l'état d'ammoniac et laisse tout le carbone à l'état d'oxalate. En milieu acide chaud, on peut même titrer directement le carbone au permanganate, sans traitement alcalin préalable; les virages sont simplement un peu lents.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le méthylphénylbutadiine.*
Note de M. **Charles Prévost**, transmise par M. Moureu.

L'action de l'aldéhyde cinnamique sur le bromure d'éthylmagnésium fournit un alcool :



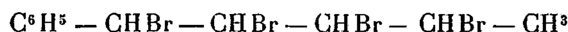
$$C^6H^5 - CH = CH - CHOH - C^2H^5$$

qui se déshydrate facilement, et le carbure érythrénique formé :



$$C^6H^5 - CH = CH - CH = CH\,CH^3$$

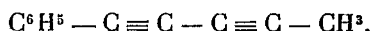
fixe 4 atomes de brome, donnant plusieurs tétrabromures isomères, de formule



$$C^6H^5 - CHBr - CHBr - CHBr - CHBr - CH^3$$

dont le moins fusible fond à 156°.

Ces corps étaient connus; je les ai préparés à nouveau, et ai pensé, copiant la méthode qui nous avait conduits, M. Lespieau et moi, au diacétylène, faire à partir des bromures ci-dessus le méthylphénylbutadiine



$$C^6H^5 - C \equiv C - C \equiv C - CH^3.$$

A cet effet les bromures ont été introduits par petites portions dans une potasse alcoolique bouillant à 100° et maintenue à cette température. La réaction très vive s'amorce aussitôt et est terminée par une demi-heure de chauffe à l'ébullition. Le carbure attendu a été extrait par les moyens ordinaires; il bout à 128°,5 sous 15^{mm}.

Tel quel, il n'est pas rigoureusement pur. Refroidi dans un jet de chlorure de méthyle, il se solidifie, les cristaux obtenus ne refondant plus qu'à 16°. J'ai tenté une purification plus poussée par cristallisations fractionnées, ce qui est facile; j'ai trié à la pince les gros cristaux formés dans le liquide surfondu; ceux-ci séchés soigneusement ont été refondus et le même cycle d'opérations recommencé jusqu'à ce que le nouveau point de fusion obtenu n'augmente plus; il s'est fixé à 22°,3.

La cryoscopie acétique attribue au corps trouvé le poids moléculaire 141; la théorie voudrait 140; l'analyse a été très satisfaisante.

Voici les constantes à 21° du liquide surfondu :

$$n_D^{21} = 1,6368, \qquad d_4^{21} = 0,9745,$$

ce qui conduit à une réfraction moléculaire de 51,53, soit une exaltation considérable, le nombre théorique est 45,678. J'attendais cette exaltation, le carbure participant à la fois de la constitution du phénylacétylène et de celle du diacétylène, et des particularités analogues ayant été observées sur ces corps.

Au-dessus de son point de fusion, le méthylphénylbutadiine est un liquide incolore, à peine visqueux, d'odeur aromatique agréable et non seulement très réfringent, il est encore très dispersif.

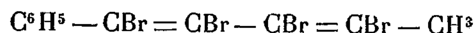
Il possède une aptitude vraiment remarquable à donner de très gros cris-

taux. Il est facile de nourrir un petit cristal et de lui faire absorber la totalité du liquide surfondu qui l'entoure, même s'il s'agit de plusieurs grammes et ceci sans précautions spéciales.

Ces cristaux appartiennent au système orthorhombique et présentent l'aspect de tables rectangulaires ornées de nombreuses facettes. Leur étude cristallographique complète sera reprise quand la température le permettra. Ils présentent de curieuses propriétés optiques. Uniaxes très sensiblement pour la raie D du sodium, l'axe est alors normal au plan des tables cristallines, ils sont fortement biaxes pour les autres radiations et cette grande dispersion d'axes explique les magnifiques figures qu'ils donnent entre nicols croisés en lumière convergente.

Un poids connu de carbure a été dissous dans le tétrachlorure de carbone, et il lui a été ajouté goutte à goutte à 15° une solution titrée de brome dans le même solvant.

Le brome est décoloré tant que le carbure n'a pas fixé quatre atomes de cet halogène par molécule; ensuite, dès les premières gouttes, la coloration rouge persiste; le virage est très net. Le solvant abandonne par évaporation un bromure qui est très vraisemblablement



$$C^6H^5-CBr=CBr-CBr=CBr-CH^3$$

fondant à 97°,7 et ayant la teneur en brome voulue.

En fixant le brome sans précautions, dans le chloroforme, j'ai obtenu un solide fondant d'ailleurs assez mal, ayant même pourcentage de brome que le précédent.

Enfin de ce dernier j'ai extrait par cristallisations fractionnées dans la benzine et l'acide acétique un bromure fondant de 127 à 131 et ayant la même composition centésimale.

Il semble que l'on soit là en présence d'au moins deux des quatre stéréoisomères que la théorie prévoit.

MINÉRALOGIE. — *Sur les sphérolites de réaumurite à enroulement hélicoïdal.* Note de M. P. GAUBERT.

M. A. Lacroix a donné, en 1908, le nom de réaumurite [1] au produit de la dévitrification du verre effectuée à une température assez élevée pour le

[1] A. LACROIX, *La Montagne Pelée et ses éruptions*, Paris, 1904, p. 621; *La Montagne Pelée après ses éruptions*, 1908, p. 133, et *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, 38, 1915, p. 16.

ramollir mais insuffisante pour le déformer. Ses recherches ont été faites surtout sur des objets modifiés à la suite des éruptions de la Montagne Pelée et du Vésuve. La réaumurite forme des fibres à extinction longitudinale et à allongement optique positif. Sa composition correspond approximativement à la formule $(CaNa^2)Si^2O^5$ qui est aussi celle de la rivaite, espèce créée en 1912 par Zambonini et provenant, probablement, de la dévitrification d'un verre (A. Lacroix).

M. N.-L. Bowen [1], ayant constaté que l'échantillon étudié par M. Zambonini était de la wollastonite, mélangée à du verre, met en doute l'existence de la réaumurite, bien qu'il ait préparé artificiellement le composé $(CaNa^2)Si^2O^5$ dont le grand indice de réfraction atteint 1,58.

Ayant eu l'occasion d'examiner un gros sphérolite (8^{cm} de diamètre) produit au fond d'un créuset de verrier, j'ai constaté qu'il n'était pas constitué par de la wollastonite mais bien par de la réaumurite. Sa densité est de 2,625 alors que celle du verre à bouteille qui l'enveloppe est plus élevée (2,641), probablement parce qu'il est beaucoup plus riche en fer. Les fibres du sphérolite ont un allongement optique positif; le grand et le petit indice de réfraction sont respectivement égaux à 1,545 et à 1,540. Le corps fond très facilement au chalumeau. Mais ce qui est remarquable, c'est que sa section diamétrale a l'apparence d'un sphérolite de calcédoine à enroulement hélicoïdal, c'est-à-dire qu'elle présente des zones alternativement claires et grises. L'enroulement des particules cristallines optiquement biaxes a lieu suivant une direction oblique au grand indice n_g.

La cristallisation a commencé sur le fond du creuset et les fibres très fines ont rayonné dans toutes les directions.

Les produits de dévitrification se trouvant dans le Laboratoire de Minéralogie du Muséum ont été examinés au point de vue de leur structure. L'un d'eux est formé par plusieurs sphérolites à enroulement hélicoïdal atteignant 3^{cm} de diamètre, mais avec un pas d'hélice plus petit que celui du sphérolite étudié plus haut, pas diminuant avec l'éloignement du centre, probablement par suite du ralentissement de la vitesse de cristallisation. En outre, la partie de l'échantillon ayant reposé sur le fond du four est formée d'une masse cristalline de 1^{cm} d'épaisseur environ dont les fibres orientées perpendiculairement à la surface présentent l'enroulement hélicoïdal au contact du verre.

La densité de la masse fibreuse varie légèrement (2,58 à 2,62) probable-

(1) N.-L. Bowen, *Amer. Min.*, 7, 1922, p. 64.

ment à cause du défaut d'homogénéité de la substance. Comme l'a indiqué M. A. Lacroix, les rapports de la soude et de la chaux ne sont pas rigoureusement constants.

A côté des fibres de réaumurite, dont les indices de réfraction sont ici voisins de 1,55, il existe d'autres fibres beaucoup plus réfringentes qui sont de la wollastonite. Cette association des deux espèces se retrouve dans d'autres produits de dévitrification d'objets en verre.

Donc la réaumurite, bien caractérisée par sa composition chimique, sa densité, ses indices de réfraction et sa structure, ne peut être confondue, comme l'a supposé M. Bowen, avec la wollastonite. Elle peut se produire dans les creusets quand les conditions de température, indiquées par M. A. Lacroix, sont réalisées. C'est un nouvel exemple de la formation de sphérolites à enroulement hélicoïdal dans un milieu presque solide.

Il est à remarquer que l'existence des édifices hélicoïdaux est très rare dans les espèces minérales. En dehors de la calcédoine, ils n'ont été signalés que dans deux phosphates : la dufrénite de Rochefort-en-Terre et la dahllite de Mouillac ([1]) et dans un silicate, probablement une gédrite ([2]).

MINÉRALOGIE. — *Sur les transformations polymorphiques de la silice.* Note de M. **Louis Longchambon**, présentée par M. Fréd. Wallerant.

Les résultats obtenus par Fenner ([3]) ayant été l'objet de quelques critiques, j'ai cru devoir reprendre l'étude des transformations polymorphiques de la silice. Mes observations confirment, en général, celles de Fenner, spécialement en ce qui concerne la stabilité à haute température de la cristobalite. S'il est exact que les briques de silice des aciéries sont entièrement transformées en tridymite, cela prouve seulement que ces briques n'ont pas été maintenues à une température aussi élevée qu'on le pense généralement.

Je laisse de côté les transformations polymorphiques directes bien connues depuis les travaux de M. Le Chatelier et de Mallard : quartz α et β, cristobalite α et β, tridymite α, β et γ, cette dernière observée par Fenner à la suite de l'étude thermique des transformations et dont j'ai également constaté l'existence au dilatomètre. La transformation de la cristobalite

([1]) A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, 4, 1910, p. 437 et 556.

([2]) Wlad. Timofejeff, *Cent. f. Min.*, 1911, p. 227.

([3]) Fenner, *Zeits. f. anorg. Chemie*, 85, 1914, p. 133.

se fait au voisinage de 200° avec un retard parfois considérable, mais qui semble dû à des causes accidentelles comme les retards habituels par surchauffe ou surfusion cristalline.

Les transformations du quartz en tridymite ou cristobalite, de la tridymite en cristobalite, et les transformations inverses relèvent du polymorphisme indirect défini par Wyrouboff. Ce mode de transformation ne peut avoir lieu que si les molécules du premier cristal sont suffisamment libérées des forces d'orientation pour pouvoir prendre toutes les orientations possibles : ce résultat est obtenu par l'effet de l'agitation thermique et aussi par les chocs des molécules des corps étrangers, solvants ou impuretés abaissant le point de fusion. Cette notion permet de concilier les expériences, en apparence contradictoires, d'après lesquelles, à 1000° par exemple, le quartz se transforme en cristobalite ou en tridymite suivant qu'il existe ou non un solvant.

Voici un résumé des observations que j'ai pu faire de ces transformations, les faits essentiels ayant été notés par Hautefeuille et Fenner.

1° *Entre* 870 *et* 1470°. — En présence d'un solvant [1] la *silice précipitée* se dissout immédiatement et l'on peut constater, après quelques minutes seulement de chauffage, la présence simultanée de lamelles hexagonales de *tridymite* et de cristaux arborescents de *cristobalite*. Cette cristobalite disparaît peu à peu au profit de la *tridymite*. Si la silice précipitée est en gros morceaux dont la dissolution est moins rapide et gênée par l'agglomération des cristaux de tridymite à leur surface, on constate que, sous l'action simultanée du solvant et de la température, la masse de ces blocs se transforme peu à peu en *cristobalite grenue*. En prolongeant l'opération cette cristobalite finit aussi par disparaître devant la tridymite, seule stable dans cet intervalle de température. Ces deux modes de cristallisation de la cristobalite proviennent de la grande solubilité relative de la silice précipitée qui donne facilement des solutions sursaturées par rapport à la forme stable : la forme instable peut alors apparaître, en cristaux isolés dans les solutions peu sursaturées, en masse dans les grains de silice pénétrés par de petites quantités de solvant et où par conséquent la sursaturation est très élevée.

Lorsqu'on diminue la quantité de solvant on favorise l'apparition de la cristobalite par sursaturation et l'on arrive au cas de la silice précipitée

---

[1] Il est commode de prendre : $SiO^2 = 1$, solvant $= 5$ à 20 en poids; les solvants usuels sont les tungstates, molybdates, silicates, oxychlorures, etc.

(pure ?) de Kyropoulos (¹) se transformant en cristobalite sans fondant par calcination à 1200°. Il est alors impossible, ne pouvant affirmer la pureté absolue de la silice, de séparer l'effet de l'agitation thermique seule de l'effet de solvant des impuretés fusibles; mais on peut constater que des silices très pures se transforment toujours si l'on élève et maintient suffisamment la température. Quant à la transformation ultérieure en tridymite, nettement défavorisée par l'absence de solvant, elle peut être extrêmement lente.

Le *quartz* et la *cristobalite* placés dans un solvant entre 870 et 1470° disparaissent peu à peu en donnant de la *tridymite*. On constate avec le quartz qu'il n'apparaît jamais de cristobalite, forme instable qui pourrait apparaître; la raison en est simple : beaucoup plus lentement soluble que la silice précipitée, le quartz ne peut donner des solutions sursaturées car la tridymite, cristallisant instantanément à sa surface en touffes de cristaux dès que la solution est saturée, gêne ainsi sa dissolution ultérieure et évite toute sursaturation. Par contre, si l'on prolonge le chauffage on constate que le quartz est gagné par la transformation massive en cristobaliet grenue; et si l'on opère en présence de peu de solvant c'est la formation de la cristobalite grenue qui devient le fait principal : c'est ainsi que seule est visible la cristobalite dans les quartz et silex impurs chauffés sans fondant à 1200° (Le Chatelier). Là encore on constate l'apparition de la phase instable en milieu sursaturé. Cependant les cristaux de quartz très purs ne subissent aucune transformation malgré un chauffage de plusieurs jours à 1400°, ce qui prouve que l'agitation thermique est insuffisante pour permettre seule la transformation.

2° *Au-dessus de* 1470°. — Au sein des mêmes solvants, le quartz, la tridymite, le verre de silice et la silice précipitée se dissolvent et reparaissent en quelques minutes en cristaux octaédriques de *cristobalite*. Avec la silice précipitée on constate également la présence de nombreuses gouttes de silice fondue (à 1500°) de densité 2,2 à froid. En l'absence de tout fondant les diverses formes de silice (impuretés indosables) maintenues pendant quelques minutes au voisinage du point de fusion se transforment en cristobalite grenue. Dans ces conditions la silice qui est dans les parties les plus chaudes du four fond et se sublime rapidement en donnant encore de la cristobalite.

3° *Au-dessous de* 870°. — La silice précipitée se dissout encore très

(¹) Kyropoulos, *Zeits. f. anorg. Chemie*, **99**, 1917, p. 197.

rapidement dans les bains usuels en donnant les deux formes instables, tridymite et cristobalite; le quartz n'apparaît que très lentement. On peut abaisser jusqu'à 500°, et peut-être très en dessous, la température d'obtention de la cristobalite en introduisant les cristallisants ordinaires dans des sels fondus à cette température (¹).

La cristobalite et la tridymite très pures, obtenues dans leur zone de stabilité, m'ont permis de déterminer à nouveau quelques constantes : *tridymite*, indice moyen 1,477, densité 2,266; *cristobalite*, indice moyen 1,487, densité 2,347.

LITHOLOGIE. — *Sur les rapports des hydrocarbures et des carbonates dans les silex et les phtanites.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. Fréd. Wallerant.

Au sein de la calcédoine qui forme les concrétions siliceuses généralement appelées silex, dans les calcaires, ou les couches formant une seule entité que nous réunissons sous le nom de phtanites, on observe fréquemment de très petits rhomboèdres de carbonates. On constate en outre qu'en beaucoup de ces silex et en certains phtanites, la matière même du carbonate a été détruite et qu'à sa place s'est logé un produit fluide qu'il y a lieu de rapporter aux hydrocarbures.

Le cas se présente avec fréquence dans les silex du Muschelkalk de Lorraine et d'Alsace, dans les silex du Crétacé pyrénéen et dans les phtanites oligocènes de Tchécoslovaquie qui font partie de la formation assez constamment hydrocarburée connue sous le nom de Couches ménilithiques (Menilitschiefer).

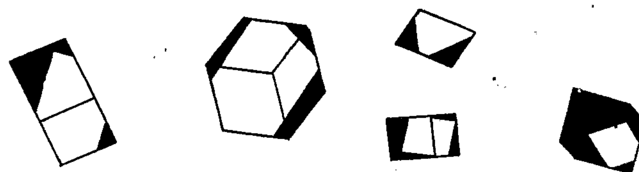
Dans ces roches, à la place du carbonate, peut donc se trouver une inclusion fluide que limite, au contact de la silice, la surface de l'ancien rhomboèdre. Parfois cette surface est déformée et il y a tous les passages des inclusions à angles vifs à des inclusions sphériques.

Si le plus souvent la masse totale du carbonate a disparu, l'inclusion fluide à contours polyédriques pouvant d'ailleurs voisiner avec un rhomboèdre de carbonate intact, il arrive aussi que la substitution de l'hydrocarbure au carbonate ne s'est faite qu'incomplètement pour chaque rhomboèdre.

(¹) Je donnerai dans un autre Recueil des détails complémentaires permettant de répéter facilement ces expériences, accompagnés de documents photographiques.

Tel est précisément le cas de certains silex subordonnés au Muschelkalk et qui proviennent de Drulingen (Bas-Rhin). On constate alors que la limite de la partie du rhomboèdre maintenant à l'état d'inclusion fluide et de la partie intacte encore carbonatée suit des lignes régulières qui mettent en évidence que la substitution du fluide au solide s'est faite suivant certaines directions privilégiées. Ainsi voit-on que, pour un rhomboèdre, la partie fluide confine à la partie solide par les faces d'un hémi-scalénoèdre de la parahémiédrie (A^3C) susceptible de développer dans l'espace un rhomboèdre non orienté.

A la vérité, la « corrosion » du rhomboèdre s'est faite plus rapidement en surface qu'en profondeur, et les angles et les arêtes, bien que largement atteints, n'en sont le plus souvent qu'émoussés, mais les limites des parties corrodées, très nettement dessinées sur les faces du rhomboèdre, représentent bien les traces des faces d'un hémi-scalénoèdre (voir la figure). Parfois à un hémi-scalénoèdre d'un sens se joint une face d'un hémi-scalénoèdre de l'autre sens, et l'on peut aussi voir que se produit en outre la corrosion suivant les limites de plans b^1.



Rhomboèdres de carbonates, inclus dans la silice, partiellement remplacés par un hydrocarbure fluide (parties noires). Gr. : 900 diamètres.

La mériédrie mise ainsi en évidence par cette corrosion singulière est du type de celle du carbonate double de chaux et de magnésie, la dolomie; mais dans le cas présent une analyse précise faite par M. L. Bergmann, de Strasbourg, révèle que le carbonate est principalement calcique, s'exprimant moléculairement par $10CaCO^3.6,5(Mg, Fe)CO^3$.

Les actions qui ont permis la production, puis la corrosion, de tels carbonates et leur remplacement par des fluides hydrocarburés nous paraissent être de la suite du même phénomène originel, la décomposition de matières organiques, dont découla naturellement : dégagement de carbonate d'ammoniaque, précipitation de carbonates rhomboédriques, production d'acides puis d'hydrocarbures, cependant que la silice se rassemblait et se gélifiait et passait du gel plastique où se produisirent corrosions et inclusions à la phase cristalline (calcédoine), matière définitive du silex ou du phtanite.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur la nature du liber interne de la plantule de* Convolvulus tricolor. Note (¹) de M. **Maurice Jean**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La racine de *Convolvulus tricolor* fut étudiée en 1871 par Van Tieghem et, en 1890, Lamounette dans son travail sur l'origine morphologique du liber interne étudiait le passage de la racine à la tige. Ce dernier concluait à la suite de ses observations : « On ne peut douter que le liber interne est entièrement indépendant du liber externe et qu'il est d'origine médullaire. »

J'ai repris l'étude de l'hypocotyle et des cotylédons de cette plantule, en m'efforçant de mettre en évidence les principales phases de la différenciation de ce liber interne.

Rappelons d'abord brièvement la répartition de ce liber dans une plantule assez développée, aux feuilles cotylédonaires étalées par exemple :

Stade I. — Le liber interne apparaît très haut dans l'hypocotyle; il est localisé dans un plan perpendiculaire au plan des cotylédons, et ses éléments deviennent plus nombreux, au fur et à mesure que l'on se rapproche de ces derniers. Au moment du raccord avec les faisceaux cotylédonaires, il se scinde en 3 îlots. Les latéraux vont se rendre dans le faisceau médian des pétioles cotylédonaires, seul pourvu de liber intérne. Il y est bien différencié, et possède un îlot libérien à la face interne du pôle ligneux radiculaire qui se retrouve au sommet du V que forme ce faisceau. Enfin il est à remarquer qu'entre l'élément ligneux le plus externe et l'élément libérien le plus interne, il n'y a le plus souvent qu'une seule cellule de parenchyme.

Stade II. — Dans un échantillon un peu plus jeune, à feuilles cotylédonaires encore maintenues à l'intérieur du tégument externe de la graine : le liber interne est aussi bien différencié dans l'hypocotyle. Il l'est bien moins par contre dans les cotylédons, où l'îlot libérien qui se trouvait face au pôle ligneux radiculaire n'existe pas (*fig.* IV).

Stade III. — La plantule n'a environ que 2^{cm} de longueur. Il y a trois vaisseaux ligneux dans chaque cotylédon et six dans l'hypocotyle se répartissant comme suit :

1-1 dans le plan cotylédonaire,
2-2 dans le plan intercotylédonaire.

(¹) Séance du 8 juin 1925.

Dans ce dernier plan, à la partie interne de chacun des groupes ligneux, existe une zone de cellules différant totalement des cellules de la moelle;

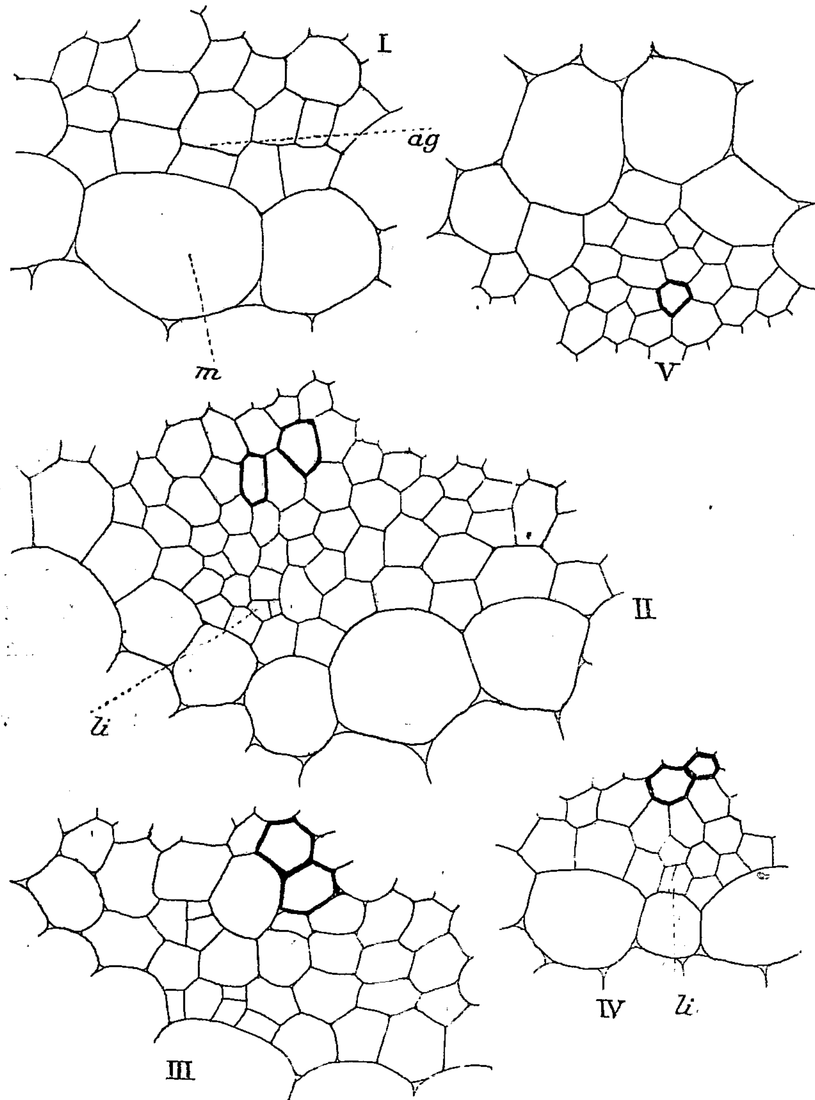


Fig. I. Hypocotyle jeune, stade IV. — Fig. II-III. Hypocotyle, stade III. — Fig. IV. Cotylédon, stade II. — Fig. V. Cotylédon, stade III.
li : liber interne.

elles sont de dimensions égales aux cellules du parenchyme vasculaire; elles se cloisonnent et forment les premiers éléments libériens (*fig.* II et III).

A ce même stade, le cotylédon est sans liber interne (*fig.* V), et entre chacun des trois vaisseaux ligneux, et les grandes cellules du parenchyme cotylédonaire interne, existent au moins deux assises de cellules plus petites : cela nous permet de localiser la différenciation du liber interne cotylédonaire dans l'assise la plus externe, d'après ce que nous avons observé aux stades I et II. La disparition du liber interne se fait dans la région de raccord des faisceaux du cotylédon avec ceux de l'hypocotyle. Quand on l'observe pour la dernière fois, il est noyé dans une masse de parenchyme sans méats, qui est incontestablement en rapport avec le tissu vasculaire du cotylédon.

Stade IV. — La plantule a environ 1^{cm} de longueur. Il y a absence de toute différenciation ligneuse. Seul le protophloème externe est visible. Toujours dans le plan intercotylédonaire de l'hypocotyle, le parenchyme vasculaire est limité du côté interne par une zone de cellules à cloisonnement orienté nettement dans le sens tangentiel (*fig.* I, *ag*). Il y a lieu de considérer ces cellules comme génératrices de tout le parenchyme dans lequel se sont différenciés au stade III les premiers éléments libériens internes.

En résumé : 1° Dans un jeune *Convolvulus tricolor*, il existe un certain nombre de cellules qui, par des cloisonnements tangentiels, donnent naissance à un parenchyme se comportant comme un véritable cambium pour donner des éléments libériens internes.

2° Ce parenchyme est distinct de la moelle; il est en rapport avec le tissu vasculaire des cotylédons; et la différenciation du liber interne se fait de l'hypocotyle vers les pétioles cotylédonaires.

Il est donc impossible de séparer le liber interne de *Convolvulus tricolor* du faisceau normal et d'en faire une formation indépendante aux dépens de la moelle.

On doit admettre pour le *Convolvulus tricolor* le caractère fasciculaire du liber interne.

BOTANIQUE. — *La polycotylie et la schizocotylie dans le* Dimorphotheca pluvialis *Mœnch.* Note de M. **A. Tronchet**, présentée par M. Molliard.

Depuis quelques années les plantules de Dicotylédones présentant des cotylédons surnuméraires ou des cotylédons plus ou moins divisés ont donné lieu à de nombreux travaux, notamment de la part des anatomistes

anglais. Ayant récolté une trentaine d'anomalies de *Dimorphotheca pluvialis*, anomalies déjà signalées dans cette espèce (notamment par Lee qui a donné une description d'ailleurs très imparfaite d'un échantillon tricotyle), je me suis proposé de contrôler les conclusions des auteurs précédents, en particulier celles de Hill et de Fraine et de Compton, à la lumière de nos connaissances actuelles sur l'évolution de l'appareil conducteur et la constitution élémentaire de la plante au moyen de phyllorhizes.

Les quatre plantules anormales décrites dans cette Note (A, B, C et D) ont été fixées avant la différenciation des groupes libéro-ligneux correspondant aux premières feuilles épicotylées.

La plantule normale du même âge présente, au sommet de l'hypocotyle : 1° deux convergents comprenant la fin de la phase alterne et le début de la phase superposée et correspondant aux nervures médianes des cotylédons; 2° deux groupes libéro-ligneux intercotylédonaires en rapport avec les nervures latérales.

Vers le bas ces derniers se mettent en relation avec les convergents; les phloèmes se rapprochent et forment deux arcs criblés; la portion centripète des xylèmes médians peut atteindre l'axe dans la racine. Cette plantule est formée de deux phyllorhizes à chacune desquelles correspond un convergent.

La *plantule* A possédait trois cotylédons séparés jusqu'à la base. L'un était légèrement plus large que chacun des deux autres. Il y avait au sommet de l'hypocotyle trois convergents parvenus au début de la phase superposée et correspondant chacun à une nervure médiane. Entre eux, se trouvaient trois groupes superposés intercotylédonaires qui se comportaient supérieurement et inférieurement comme ceux de la plantule normale. Vers le bas, les phloèmes se rapprochaient et formaient trois arcs criblés entre lesquels se trouvait le xylème centripète des trois convergents. Cette structure ternaire se poursuivait tout le long de la racine. La présence des trois convergents indique que la plantule était formée de trois phyllorhizes exactement comparables à l'une ou l'autre des deux unités de la germination normale.

La *plantule* B présentait quatre cotylédons complètement séparés. La coupe du sommet de l'hypocotyle montre quatre convergents correspondant chacun à une nervure médiane et quatre groupes superposés intercotylédonaires en rapport avec les nervures latérales. Par suite de la disparition de deux groupes criblés vers la base de l'hypocotyle et du rapprochement des quatre faisceaux vasculaires en deux paires dans la

racine, cette structure fait place progressivement au type binaire. Cette plantule est formée de quatre phyllorhyzes dont les convergents, distincts au sommet de l'hypocotyle, se fusionnent graduellement vers le bas.

La *plantule* C possédait deux cotylédons dont l'un était bifurqué presque jusqu'à sa base. Comme la plantule normale elle présentait une structure binaire, mais le convergent correspondant au cotylédon bifurqué présentait, vers le sommet de l'hypocotyle, une accélération qui se manifestait par la suppression presque complète du xylème alterne et le développement plus avancé des xylèmes superposés. Chacun de ces deux groupes vasculaires superposés correspondait à la nervure médiane d'un des lobes du cotylédon bifurqué. La nervure médiane du cotylédon normal était sur le prolongement de la portion alterne du convergent correspondant. On peut donc dire qu'il y a dans le cotylédon bifurqué tendance, par *schizocotylie*, à la formation de deux demi-cotylédons, la plantule restant formée de deux phyllorhizes.

La *plantule* D, comme la germination B, possédait quatre cotylédons complètement séparés. De même que la précédente elle avait une structure binaire, mais l'accélération portait sur les deux convergents dont les portions superposées constituaient vers le haut les nervures médianes des cotylédons. Chacun de ceux-ci était donc l'équivalent d'un des lobes du cotylédon bifurqué de la plantule C. Il y avait ici quatre demi-cotylédons formés par *schizocotylie* dans une plantule composée de deux phyllorhizes.

En résumé, l'étude des unités conductrices ou convergents permet de séparer nettement dans les exemples décrits la *polycotylie* (A et B) de la *schizocotylie* (C et D) contrairement à l'opinion de Compton, et justifie le terme de demi-cotylédon adopté, pour des raisons différentes, par Hill et de Fraine.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la préparation et les propriétés du monotropitoside.* Note de MM. **M. Bridel** et **P. Picard**, présentée par M. L. Guignard.

Le monotropitoside est un glucoside, découvert par l'un de nous ([1]) en 1923, et constitué par l'union de salicylate de méthyle, de glucose et de xylose.

La teneur en monotropitoside des plantes indigènes est très faible et il

([1]) M. Bridel, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 217.

aurait été fort difficile d'en obtenir une quantité suffisante pour en faire l'étude complète. L'écorce fraîche du *Betula lenta* L., plante américaine, en renferme, au contraire, beaucoup et il est possible d'en obtenir à l'état cristallisé plus de 3^g par kilogramme, ce qui est un rendement avantageux.

La préparation a déjà été indiquée en 1924. L'extrait alcoolique est repris par l'eau pour éliminer les matières résineuses. L'extrait provenant de l'évaporation de la solution aqueuse est épuisé par l'éther acétique hydraté renfermant 5 pour 100 d'alcool à 95^c. L'extrait éthéro-acétique, dissous dans l'eau, est déféqué par l'extrait de Saturne qui ne précipite pas le monotropitoside. Le liquide débarrassé du plomb est évaporé en extrait, sous pression réduite, sans dépasser + 50°. L'extrait est dissous dans l'alcool à 95^c à l'ébullition et le monotropitoside cristallise par refroidissement.

Un extrait préparé avec 20^{kg} d'écorce fraîche de *Betula lenta* L. a fourni ainsi plus de 60^g de monotropitoside.

On purifie le monotropitoside en le faisant cristalliser dans l'acétone, puis dans l'eau. Cristallisé dans l'eau, le monotropitoside se présente en prismes pouvant atteindre un demi-centimètre de long, et renfermant 3,84 pour 100 d'eau qu'ils perdent facilement à + 105° (théorie : 3,87 pour 100).

Le monotropitoside fond nettement au bloc Maquenne à + 179°,5.

Son pouvoir rotatoire est

$$\alpha_D = -58°,22 \qquad (p = 0,2061;\quad v = 10;\quad l = 2;\quad \alpha = -2°24'),$$

on a trouvé des chiffres un peu supérieurs pour le monotropitoside cristallisé dans l'acétone ($\alpha_D = -58°,80$) et dans l'alcool à 95^c ($\alpha_D = -59°,25$). 1^g de monotropitoside anhydre se dissout, à + 18°,20, dans 12^g,361 d'eau distillée; 150^g,330 d'alcool à 95^c; 581^g,395 d'éther acétique anhydre ; 649^g,350 d'acétone anhydre et dans 13698^g,630 d'éther anhydre.

Le monotropitoside en poudre donne avec l'acide sulfurique concentré une coloration rose vif et il se dégage une odeur de salicylate de méthyle encore perceptible avec des traces de glucoside.

La fonction éther méthylique est saponifiée à froid par la potasse aqueuse. On a trouvé comme indice de saponification : 86,7 (théorie 86,2).

La fonction glucosidique résiste à l'action de la potasse à 6,66 pour 100, à + 105°. La liqueur reste lévogyre et un dosage de l'acide salicyclique libre par la méthode de M. Bougault (1) a indiqué que 2 pour 100 à peine du monotropitoside avait été hydrolysé.

Pour effectuer le dosage de l'acide salicylique, il a fallu d'abord hydro-

(1) *Journ. Pharm. Chim.*, 6e série, 28, 1908, p. 145.

lyser le glucoside par l'acide sulfurique, puis saponifier le salicylate de méthyle par la potasse. Dans une expérience effectuée sur $0^{g},4000$ de monotropitoside hydraté, on a trouvé une quantité de tétraïododiphénylène quinone correspondant à $0^{g},1223$ d'acide salicyclique (théorie : 0,1189).

Par hydrolyse sulfurique, on a obtenu une quantité de sucre réducteur correspondant à 75,89 pour 100 du glucoside anhydre (théorie 73,99 pour 100). L'hydrolyse fermentaire a permis d'extraire le primevérose à l'état cristallisé [1].

L'indice de réduction enzymolytique a été trouvé de 350 et l'indice par les acides de 415.

Analyse élémentaire. — On a opéré sur le monotropitoside anhydre, séché à $+105^{\circ}$:

	Substance.	CO^2.	H^2O.	C pour 100.	H pour 100.
1.......	0,2249	0,4138	0,1164	50,18	5,75
2.......	0,2491	0,4579	0,1296	50,13	5,78
3.......	0,2584	0,4734	0,1354	49,98	5,81
4.......	0,1343	0,2468	0,0747	50,11	6,18

Cryoscopie. — Monotropitoside anhydre pour 100^{g} d'eau : 3,9554

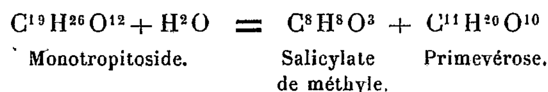
$$A = 0^{\circ},17, \qquad PM = 18,5 \times \frac{3,9554}{0,17} = 430,4.$$

Le monotropitoside est donc formé de l'union d'une molécule de salicylate de méthyle, d'une molécule de glucose et d'une molécule de xylose avec élimination de 2 molécules d'eau. Il répond à sa formule $C^{19}H^{26}O^{12}$:

	Trouvé.	Calculé.
C pour 100 (moy.)......	50,10	51,12
H pour 100 (moy.)......	5,88	5,82
Poids moléculaire.......	430,4	446

Il cristallise avec une molécule d'eau (trouvé : 3,84; calculé : 3,87).

Le dédoublement fermentaire se fait suivant l'équation



$$C^{19}H^{26}O^{12} + H^2O = C^8H^8O^3 + C^{11}H^{20}O^{10}$$

Monotropitoside. Salicylate de méthyle. Primevérose.

Le dédoublement par les acides



$$C^{19}H^{36}O^{12} + 2H^2O = C^8H^8O^3 + C^6H^{12}O^6 + C^5H^{10}O^5.$$

---

(1) M. Bridel, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 991.

ZOOLOGIE. — *Sur les homologies des articles de la patte des Insectes.* Note de M. **René Jeannel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Si l'on compare la patte d'un Coléoptère, à l'état de larve ou d'imago, avec la péréiopode d'un *Asellus* (Isopode), on constate au premier coup d'œil de grandes analogies, tout au moins dans le bout basal. Le basis, support immédiat des rames, doit se retrouver chez l'Insecte pour les mêmes raisons que chez le Crustacé, et l'on peut affirmer qu'il est représenté par la hanche. Coxa et præcoxa, très involués chez l'Isopode, le sont aussi chez l'Insecte; le petit sclérite appelé trochantin, qui est caché dans la cavité coxale des Coléoptères doit représenter un vestige du coxa. Par suite le trochanter est un ischium, le fémur un méros. Mais c'est dans le bout distal, au delà du genou, que les choses se compliquent. Pour se faire une opinion, il faudra tout d'abord examiner la patte des larves dans deux lignées homogènes de Coléoptères et établir leur comparaison.

La patte des larves de *Trechinæ* (Carabiques) est d'un type très primitif. Elle est formée de six articles; et sachant que l'article terminal, ou ongle, est bien un dactylos, on y reconnaît facilement: basis, ischium, méros, carpos, propodos et dactylos, c'est-à-dire les six articles typiques d'un péréiopode d'*Asellus*, au grand complet. Les entomologistes appellent ces articles: hanche, trochanter, fémur, tibia, tarse et ongle; ils nomment le carpos tibia et le propodos tarse.

Or l'on va voir que le propodos n'est pas un tarse, mais plutôt un tibia, ou mieux un « tibio-tarse » et que c'est ainsi qu'on l'identifie, avec raison d'ailleurs, lorsque la patte larvaire n'a que cinq articles. Il y a donc dans la patte à six articles des larves de *Trechinæ*, comme chez tous les Carabiques et aussi les Trichoptères et les *Campodea*, un article de plus, entre le fémur et le tibia. Cet article correspond au carpos et doit recevoir un nom. Je l'appellerai « médius » et nous dirons que la patte à six articles d'une larve de Carabique est alors formée de : hanche, trochanter, fémur, médius, tibio-tarse et ongle, l'ongle étant un article.

Comparons en effet la patte à six articles d'une larve de *Trechus* à celle de cinq articles seulement d'autres Coléoptères, comme les *Bathysciinæ* (Silphides) par exemple. Chez le *Trechus* toutes les articulations sont très simples, constituées par une petite charnière tergale, unique. Chez les *Bathysciinæ*, par contre, le fameux genou de Börner apparaît avec tous les caractères d'une articulation complexe. Elle est double, bicondylienne,

avec une articulation condylienne antérieure, l'autre postérieure, et les muscles y sont insérés de telle façon qu'il apparaît clairement que le carpos a disparu et que les deux extrémités en contact sont l'extrémité distale du fémur ou méros et la partie basale du propodos. Les articles de la patte de la larve des *Bathysciinæ*, que nous appelons hanche, trochanter, fémur, tibio-tarse et ongle, sont donc bien réalité les basis, ischium, méros, propodos et dactylos, le médius ou carpos ayant disparu dans l'articulation du genou.

Il est facile maintenant de se rendre compte que le genou des Coléoptères adultes est absolument homologue de celui des larves de *Bathysciinæ*. Ce sont les mêmes articulations doubles, les mêmes formes des surfaces articulaires, les mêmes dispositions très spéciales des muscles. Il existe même dans le genou du Coléoptère adulte, du côté de la flexion, un petit sclérite libre, toujours présent, sur lequel j'ai trouvé, chez une espèce du genre *Trechus* (*T. Bordei* Peyer), des organes multifides ayant l'apparence de restes de phanères. Il est possible qu'il s'agisse d'un vestige du carpos involué; mais je n'ose pas encore l'affirmer avant d'avoir découvert d'autres types d'Insectes chez lesquels ces planères se présentent d'une façon décisive.

Quoi qu'il en soit, tout indique que le carpos de l'appendice ancestral a disparu dans le genou des Insectes adultes et l'on peut remarquer que le développement ontogénique de la patte d'un *Trechus*, avec son carpos présent chez la larve, involué chez l'imago, est la récapitulation de l'évolution phylogénique générale dont la comparaison des larves de groupes divers nous donne la preuve.

Puisque le carpos a disparu et que d'autre part nous savons, par ma Note précédente, que le sommet de l'onychium avec les ongles, sont le bord distal du propodos, il s'ensuit que c'est le propodos, à lui seul, qui donne le tibia et le tarse pluriarticulé des Insectes adultes.

Rien dans les articulations tarsiennes, ni dans la disposition des phanères, n'indique que les articles du tarse pourraient être des articles primitifs; ils n'ont d'ailleurs pas de musculature propre. Les éperons apicaux du tibia sembleraient plutôt marquer la partie distale d'un article; mais il faut évidemment les tenir pour des spécialisations secondaires des phanères des rangées longitudinales, à l'extrémité du premier segment de fragmentation du propodos.

Cette première fragmentation du propodos, séparant un tibia d'un tarse uniarticulé, a dû être précoce; aussi les épines apicales du tibia sont-elles

très évoluées et ont-elles pris l'apparence d'une rangée distale transverse. Un deuxième stade de fragmentation a divisé le tarse unique en « basitarse » et tarse; l'article basal montre en effet souvent quelques indices de spécialisation dans ses phanères. Enfin c'est l'article apical qui a toujours continué à se fragmenter dans les stades suivants à trois, puis à quatre et à cinq articles tarsiens; car on peut voir certains tarses de quatre articles, ceux des *Apteraphænops* (Staphylinides) montrer un début de fragmentation de l'onychium qui le fera passer à cinq articles. Des involutions secondaires du basitarse produisent enfin, dans certaines lignées, une réduction du nombre des articles tarsiens de cinq à quatre.

Telle est, à mon avis, l'interprétation rationnelle des articles de la patte des Insectes. Il n'est guère besoin d'ajouter qu'elle est en désaccord flagrant avec la théorie de Börner. En somme, mon interprétation est fondée sur la régression de deux des articles primitifs dans le bout distal de la patte des Insectes.

En ce qui concerne le dactylos, ses vestiges sont si bien reconnaissables qu'il ne saurait y avoir de discussion. La régression du carpos, par contre bien plus complète, est d'ordre plus théorique. Mais les nombreux indices de son involution sont si nets qu'elle ne semble pas pouvoir être mise en doute.

Les faits d'observation résumés dans cette Note et la précédente concernant l'origine des ongles seront exposés avec plus de détails et figurés dans un Mémoire en cours d'impression.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Régimes permanents de concentration dans un courant de convection et son application à la physiologie.* Note (1) de M. **Stéphane Dombrowski**, présentée par M. Jean Perrin.

I. *Théorie du diffusiomètre à courant de convection.* — Le régime de concentrations stationnaires établi par la diffusion latérale dans un courant de convection permet de concevoir un diffusiomètre, basé sur ce principe et de déterminer les lois de son fonctionnement.

Un faisceau de tubes étroits coaxiaux, à parois perméables, est entouré sur un espace limité d'un réservoir chargé de solution mère à concentration constante ; le solvant est en mouvement à l'intérieur des tubes. J'ai démontré (2) que l'équation de diffusion

(1) Séance du 18 mai 1925.
(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1581.

généralisée est alors

$$\frac{\partial(C-c)}{\partial t}=D\frac{\partial^2(C-c)}{\partial x^2}+v\frac{\partial(C-c)}{\partial x}\cdots, \quad (1)$$

où (C) est la concentration dans un tube extérieur et (*c*) la concentration dans le tube axial, D étant le coefficient de diffusion.

Deux cas particuliers se présentent :

1° La concentration C est constante le long de toute la paroi du tube axial. On transforme l'équation (1) pour en déduire ensuite le régime permanent qui s'établit avec le temps $c=\frac{v}{D}e^{-\frac{vr}{D}}$; la quantité de substance éliminée dans un volume W à la sortie du tube enveloppant à l'instant donné est

$$\frac{\partial z}{\partial t}=-kv\frac{\partial c}{\partial x}=K\frac{W}{z},$$

puisque la vitesse $v=K\frac{C}{c}$, le débit étant proportionnel à la concentration extérieure $\mathfrak{D}=kvc=KC$. Enfin par définition quand $t=1$, $z=\mathfrak{D}$ et le volume W étant inverse de la concentration, on obtient :

$$\mathfrak{D}\sqrt{c}=\text{const.}$$

Si avec des concentrations constantes de la solution mère l'appareil débite la substance à des concentrations variables, le débit est inversement proportionnel à la racine carrée de la concentration du liquide qui s'écoule.

2° La concentration C est variable, la vitesse du courant de convection étant réglée de la sorte que la concentration à un niveau quelconque du tube axial est constante.

On transforme alors l'équation (1) pour en déduire ensuite la formule du régime permanent $C=\frac{v}{D}e^{-\frac{v}{D}x}$; le débit à l'instant et au niveau considérés : $\frac{\partial x}{\partial t}=-k\frac{\partial C}{\partial x}=k\frac{v}{D}C$; alors, puisque $v=K\frac{C}{c}$, on obtient :

$$\frac{C}{\sqrt{\mathfrak{D}}}=\text{const.} \qquad \text{(inverse de la perméabilité).}$$

Si l'appareil débite la substance diffusée à une concentration constante, le débit varie proportionnellement au carré de la concentration variable de la solution mère.

3° *Loi générale.* — Des deux cas particuliers considérés nous obtenons

un cas général :

$$\frac{C}{\sqrt{\mathfrak{D}\frac{\sqrt{c_1}}{\sqrt{c}}}} = \text{const.}$$

Pour le libre jeu des quantités simultanément variables (concentration C *de la source mère, concentration c du liquide éliminé et le débit* $\mathfrak{D}$) *le débit de la substance* $\mathfrak{D}$ *varie en proportion directe du carré de la concentration* C *et en proportion inverse de la racine carrée de la concentration c.*

On peut substituer dans les formules précédentes la valeur du coefficient de diffusion d'après la formule Sutherland-Einstein $D = \frac{RT}{N}\gamma$, où la mobilité $\gamma = \frac{1}{6\pi\eta a}$. Établie pour des émulsions, j'ai vérifiée cette formule expérimentalement pour une solution moléculaire (en particulier pour l'urée). On obtient alors les relations suivantes :

4° *L'abaissement de la température diminue, l'accroissement augmente la constante de la relation*

$$\frac{C}{\sqrt{\mathfrak{D}}} = \text{const.}$$

5° *Le débit est en proportion directe au produit de la viscosité et de la concentration de la solution mère et en proportion inverse à la température absolue :*

$$\mathfrak{D} = K\frac{\eta . C}{T}.$$

II. *Application expérimentale à la physiologie : théorie nouvelle du fonctionnement rénal.* — Les lois 1°, 2°, 3°, reliant la concentration de la source mère, du liquide éliminé et le débit, variables partiellement où tous simultanément, ont été depuis longtemps trouvées expérimentalement dans les remarquables travaux de M. Ambard et son école sur la sécrétion rénale. On n'en a pas trouvé depuis d'explication.

Or, d'après le travail actuel, il est clair que *ces lois sont l'expression d'un phénomène physique qui se forme au sein des reins :* régime permanent de concentration dans un courant de convection, pouvant s'établir aussi bien par *diffusion latérale* dans un milieu en mouvement que par *absorption latérale* du solvant de la solution qui circule dans les canalicules rénales. Les travaux histologiques récents démontrent visuellement, sans se soucier du reste de l'importance du phénomène, l'existence dans les canalicules rénales

d'un flux de diffusion secondaire contraire au courant de convection [1].

La fonction physiologique, dans le cas particulier, la secrétion rénale, trouve son reflet exact dans un phénomène physique correspondant : série d'états d'équilibre permanent de concentrations. On ne peut donc dire « qu'entre la diffusion et la sécrétion le rein fait un saut brusque ». Ce n'est pas le cas. L'étude de la variation des états d'équilibre de concentrations démontre la continuité et l'unité du phénomène qui s'exprime dans l'existence des régimes permanents qui s'établissent d'après des conditions variables. C'est ainsi que la stabilité de la fonction est assurée, malgré l'instabilité des conditions variables, ce qui me paraît être une règle générale dans le fonctionnement de l'économie.

BIOLOGIE. — *Les courbes de croissance d'*Artemia arietina *S. Fisch.* Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Parmi les variations morphologiques qui séparent les diverses formes d'*Artemia salina* L., il en est une que les anciens zoologistes n'avaient point semblé apercevoir, et qui a été mis en évidence par Abonyi [2] : les dimensions réciproques du thorax et de l'abdomen des adultes seraient différentes, et en mettant en série le rapport $\frac{thorax}{abdomen}$, l'auteur aurait constaté que l'abdomen s'allonge proportionnellement à la concentration saline. Ainsi, pour la forme *Koppeniana* S. Fisch., qui vit en eau très sursalée, le rapport est de 0,533; il passe à 0,571 chez la forme *Milhausenii* G. Fisch., pour arriver à 0,833 dans les formes *arietina* S. Fisch. et *principalis* Simon; puis à 1,40 chez *Callaonella Jelskyi*, et à 2,25, chez *C. Dybowskyi*. L'abdomen, court dans les formes d'eau douce, atteindrait sa longueur maxima en eau sursalée; dans un milieu qui ne se modifie pas, tous les individus ont le même rapport.

Tels qu'Abonyi les a présentés, ces résultats étaient assez impressionnants, et il m'a paru d'autant plus utile de les vérifier, qu'ils ne me paraissaient pas en accord avec les faits; j'avais constaté, en effet, que chez *arietina*, le rapport avoisinait 1, et ne différait guère de celui du Phyllopode d'eau douce, *Chirocephalus diaphanus*, qui est de 1-1,2.

---

[1] R. Bieter et Ar. Hirschfeld, *The American Journ. of Physiol.*, 68, 1924, p. 175.

[2] A. Abonyi, *Experimentelle Daten zum Erkennen der* Artemia-Gattung (*Z. wiss. Zool.*, **114**, 1915, p. 96-168).

Au lieu de me borner à des mensurations d'adultes sur photographies, à la façon d'Abonyi, j'ai mesuré indirectement, tous les cinq jours, et pendant tout le temps de leur croissance, des *arietina* du Croisic, dont j'ai décrit la lignée dans une précédente Communication ([1]).

Le premier individu que j'ai suivi appartenait à la deuxième génération, et au 5 octobre 1924 avait un rapport $\frac{thorax}{abdomen}$ de $\frac{3^{mm}}{3^{mm}} = 1$. Au 25 janvier 1925, date de sa mort, son rapport était de $\frac{7^{mm}}{7^{mm},5} = 1{,}07$. Il semblait donc que le rapport fût resté à peu près invariable pendant les quatre premiers mois de la vie de cet individu. Mais la courbe de croissance, avec mensurations tous les cinq jours, fut très singulière.

Au 5 octobre 1924, le rapport était donc de $\frac{3}{3} = 1$.

Au 15 novembre, il était de $\frac{5{,}5}{3} = 1{,}83$; le thorax s'allongeait donc seul, et la courbe de croissance continua à monter jusqu'au 20 décembre, de plus en plus faiblement, moment où le thorax atteignit 7^{mm}. A partir du 20 décembre, le thorax ne grandit plus, et l'abdomen, jusque-là stationnaire, commença à s'allonger. Au 1er janvier, le rapport était de $\frac{7}{4} = 1{,}75$, et au 25 janvier $\frac{7}{7{,}5} = 0{,}93$. Ce défaut de synchronisme et même cet antagonisme de la courbe-thorax, et de la courbe-abdomen, ne pouvaient évidemment être vus par simple mensuration des adultes.

Il faut ajouter que, pendant les quatre mois de croissance, la furca qui, au 5 octobre, portait trois courtes soies à droite, et une à gauche, ne se modifia qu'en longueur, et que le nombre de soies resta fixe.

Si nous examinons maintenant les conditions de l'environnement, nous constatons que le P_H initial, qui était de 8,6, baissa progressivement, qu'il était de 8,35 au 30 décembre, et à 8,2 au 25 janvier. La concentration saline ne se modifia pas, les flacons étant bien bouchés pour éviter l'évaporation.

Ainsi, la baisse de la courbe du P_H n'a agi sur la croissance de l'abdomen qu'au moment où elle a atteint environ 8,3, c'est-à-dire au 20 décembre, et à partir de là a coïncidé presque exactement avec la courbe de croissance de l'abdomen. En résumé, le rapport $\frac{thorax}{abdomen}$ monte de 1 à 1,82 entre

([1]) A. Labbé, *Quatre générations d'*Artemia arietina (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1697).

$P_H = 8,6$ et $P_H = 8,4$, et redescend de 1,82 à 1, pour un P_H de 8,3-8,2.

On ne peut strictement comparer ces résultats avec ceux d'Abonyi, puisque cet auteur n'a tenu compte que de la concentration saline (fixe dans nos expériences) et non de la concentration en ions hydrogène. Néanmoins, *pour Abonyi, l'abdomen s'allonge proportionnellement à l'alcalinité, alors que j'observe le résultat inverse.*

Les *Arietina* de troisième génération m'ont montré une courbe sensiblement analogue; mais ici encore, les individus s'étaient développés dans un P_H descendant. L'opinion d'Abonyi ne me paraît donc pas exacte, au moins en ce qui concerne les *A. arietina* du Croisic.

Le problème, d'ailleurs, est moins simpliste que ne pourrait le faire supposer une simple corrélation entre P_H et la croissance, et voici comment je crois le comprendre. La croissance est, avant tout, un phénomène autocatalytique, et, pour cela, échappe dans une certaine mesure à l'influence de l'environnement, même si l'autocatalyseur se trouve être la concentration en ions hydrogène ou la température. A tous les stades de la croissance, pour qu'il y ait adaptation, c'est-à-dire pour que l'organisme en évolution vive, il faut que, parmi les énergies ou grandeurs moléculaires de l'environnement, aucune n'implique une modification *non compensée;* et les phénomènes non compensés sont d'autant plus faibles que l'on se rapproche de l'équilibre. La grande loi de Le Chatelier a une universalité qui dépasse le monde inorganique et pénètre l'organique morphologique comme l'organique physico-chimique; j'aurai l'occasion de le démontrer dans un travail prochain. Elle nous prouve une régulation qui, pour être plus stricte chez les animaux supérieurs, n'en existe pas moins chez les inférieurs; et il me paraît que si les divergences des courbes thorax-abdomen chez les *Artenia* sont en correspondance avec la concentration en ions hydrogène, par contre le retour à 1 du rapport $\frac{thorax}{abdomen}$ doit être sous la dépendance de la régulation organique c'est-à-dire de phénomènes purement internes.

A 15h 20m, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de former une liste de candidats à la place vacante, dans la Division des Applications de la Science à l'Industrie, par la mort de M. *Charles Rabut*, présente la liste suivante :

En première ligne	M. **Léon Guillet**.
En deuxième ligne, ex æquo par ordre alphabétique	MM. **Paul Boucherot**, **Jean Rey**.
En troisième ligne, ex æquo par ordre alphabétique	MM. **Louis Breguet**, **Émile Brylinski**, **Ernest Fourneau**.

Les titres de ces candidats sont discutés

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 16^h30^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 8 juin 1925.)

Note de M. *Maurice Nicloux*, Dosage de l'oxyde de carbone par la méthode au sang et remarques sur l'absorption de ce gaz par l'hémoglobine en l'absence d'oxygène :

Page 1751, ligne 11, *au lieu de* surface d'observation, *lire* surface d'absorption.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1925 (*suite et fin*).

La physique moderne; son évolution, par LUCIEN POINCARÉ. Paris, Ernest Flammarion, 1925; 1 vol. 19cm.

Le métabolisme de base; Physiologie, par ÉMILE F. TERROINE; *Pathologie*, par EDGARD ZUNZ. Paris, Presses universitaires de France, 1925; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Henneguy.)

Engineering foundation; *Carnot centenary commemoration*. New-York, Engineering societies building, 1925; 1 vol. 25cm.

Union géodésique et géophysique internationale. *Première assemblée générale. Rome, mai* 1922; *Section de Géodésie. Bulletin géodésique* (nos 1, 2, 3, 4). Toulouse, Édouard Privat, et Paris, J. Hermann, 1922, 1923, 1924; 6 vol. 25cm. (Présentés par M. Charles Lallemand.)

Daubenton et l'exploitation de la nature, par LOUIS ROULE. Paris, Ernest Flammarion, 1925; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

Le néocomien de la bordure orientale du bassin de Paris, par GEORGES CORROY. Nancy, J. Coubé et fils, 1925; 1 vol. 25cm.

Mémorial des Sciences mathématiques, publié sous le patronage de 'Académie des Sciences de Paris....... Fasc. III : *Sur les fonctions hypergéométriques de plusieurs variables, les polynomes d'Hermite et autres fonctions sphériques dans l'hyperespace*, par PAUL APPELL. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 fasc. 25cm.

Le vol à voile avec contribution à l'étude expérimentale de la physique et de la mécanique des fluides. Tome I : *Étude des courants aériens; l'utilisation du vent par les oiseaux voiliers; caractéristiques des oiseaux volant à voile*, par ANTOINE MAGNAN. Paris, G. Roche d'Estrez, 1925; 1 vol. 27cm. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 JUIN 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **L. J. Henderson**, professeur de Chimie biologique à l'Université Harvard, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE. — *Sur les erreurs systématiques qui peuvent affecter les* Corrections de pendule *employées au B. I. H.* Note (¹) de M. **G. Bigourdan**.

Points d'installation des instruments.

Les points d'installation des instruments ou *stations*, variables pour certains d'entre ces instruments avec les époques, sont tous au niveau du Jardin et, par suite, dominés par le grand bâtiment de l'Observatoire (bord Est désigné ci-après par O), de 20^m-21^m, et même de 30^m si l'on compte la grande coupole de la Tour de l'Est, établie vers 1850. Ces points, désignés par les numéros I, II, III, IV, sont les suivants :

I. *Salle méridienne*, point où la lunette méridienne de Gambey a été installée pendant trois quarts de siècle. Il se trouve 11^m à l'Est de O et sur le même parallèle.

II. *Ancien pavillon des longitudes*, bâti vers 1875 à 19^m Est et 8^m au Sud de O.

III. *Nouveau pavillon des longitudes*, bâti en 1901 à 3^m à l'Est et 35^m au Sud de O.

(¹) Séance du 15 juin 1925.

IV. *Cercle méridien du Jardin*, établi vers 1875, à 7^m Est et 52^m au Sud de O.

Piliers. En I, le pilier est porté par des fondations séculaires; — En II, les fondations furent renouvelées en 1901, qui est aussi l'époque d'établissement de celles de III; — enfin les fondations des piliers de IV remontent à un demi-siècle.

Instruments.

	Ouverture O.	Dist. focale F.	Long^r axe A.	Grossissement G.	Station.
	m	m			
b. Lun. Bamberg.............	0,081	0,93	0,60	114	III [1]
b'. Lun. E. Bouty.............	0,102	1,228	0,64	60	III
g. Lun. Gautier (n° 381, 1909)..	0,075	0,84	0,59	71	II
g_2. Lun. Gautier de Nice........	0,070	0,80	»	88	I
j. Cercle du Jardin...........	0,190	2,324	1,26	159	IV
p_1. Lun. Prin, du Serv. géogr....	0,080	0,86	0,59	62	I
p_2. Lun. Prin, n° 106...........	0,080	0,86	0,59	62	I [2]

Tous ces instruments, à l'exception de *b*, sont du type *droit* et munis d'un micromètre impersonnel, avec enregistrement automatique des passages sur le chronographe et entraînement automatique du fil.

L'instrument *b* est du type *coudé*, avec oculaire à un tourillon, et sans entraînement automatique du fil.

Le retournement de *j* ne se fait guère que de 15 en 15 jours environ, mais il se faisait tous les jours d'observation dans la période de la détermination de la longitude de Nice (1921 février-mars). Pour tous les autres instruments, le retournement se fait sur chaque étoile.

Pour dégager quelques conclusions des nombres du Tableau I [3];

---

[1] Puis en I, à partir du 7 juin 1921.

[2] Jusqu'au 12 mars 1921, puis en II.

[3] Voir page 1311 du présent volume. A la page 1314 (1re colonne, ligne 5) *lire* M_1 *au lieu de* A_1.

Ces corrections C_p de départ se trouvent dans le Tableau I de diverses publications de B. I. H.; pour les années 1920-1921, elles sont dans les *Corrections des signaux horaires* de 1920, p. 6-8, — de 1921, p. 4-5; et pour les années 1922-1924 dans le *Bulletin horaire*, t. I, p. 3, 13, 21, ...

Pour les détails complémentaires on pourra se reporter à ces publications, notamment pour ce qui est relatif au choix des étoiles horaires, aux déterminations des constantes instrumentales, aux légères modifications apportées aux instruments, etc.

groupons-les par moyennes mensuelles et annuelles, par observateur, par instrument et par lieu d'installation (Tableau II).

Dans ce Tableau II, les nombres relatifs à chaque observateur occupent 7 colonnes, dont la première à gauche donne l'année et le mois. Les 6 autres forment deux groupes semblables, dont nous ne considérerons d'abord que celui de gauche, et voici les quantités qu'il donne :

n désigne le nombre total des différences O — C pour chaque mois de chaque année considérée. Sous le signe + on a inscrit le nombre des différences positives, sous le signe — le nombre des différences négatives, et sous le signe o le nombre de différences nulles.

Σ donne, en centièmes de seconde, la somme des différences de chaque signe; la somme des différences positives est écrite sous le signe + et celle des différences négatives sous le signe —.

m est le quotient mensuel Σ/n en millièmes de seconde, c'est-à-dire la valeur *moyenne* absolue des écarts O — C; la valeur pour l'année, en chiffres *gras*, est la moyenne des valeurs mensuelles, sans donner des poids différents à ces diverses valeurs mensuelles. On a retenu *tous* les nombres du Tableau I donnés comme normaux, c'est-à-dire en excluant ceux marqués d'un astérisque (poids $\frac{1}{2}$) ou de deux (poids nul).

Un premier résultat qui se conclut des nombres de ce groupe de gauche, c'est que, en moyenne, l'écart O — C est voisin de $0^s,03$. Il semble donc, et *nous admettons*, que les grandes différences O — C, celles qui atteignent ou dépassent le double de cette quantité $0^s,03$, sont affectées de quelque erreur anormale. Aussi nous avons repris la même discussion en laissant de côté les écarts O — C du Tableau I supérieurs à $0^s,05$; et les nouveaux résultats obtenus, distingués par un accent, constituent, dans le Tableau II, le groupe de droite des nombres relatifs à chaque observateur — instrument — lieu d'observation.

Les moyennes annuelles en chiffres *gras* ont encore été obtenues sans donner des poids différents aux moyennes mensuelles; mais au-dessous de ces nombres gras on donne, pour les grandes séries, les moyennes annuelles correspondantes en tenant compte des poids, pris proportionnels au nombre de valeurs individuelles.

TABLEAU II.

1. Br_{p_2} au point II.

1921.	n.			Σ.		m.	n'.			Σ'.		m'.
	+	−	0	+	−		+	−	0	+	−	
Nov.	3	4	0	9	18	39	3	2	0	9	6	30
Déc.	1	2	0	1	7	27	1	1	0	1	1	10
	4	6	0	10	25	**33**	4	3	0	10	7	20
1922.												
Janv.	0	1	1	0	6	30	0	0	1	0	0	0
Fév.	3	1	1	10	1	22	3	1	1	10	1	22
Mars	3	4	1	8	21	36	3	3	1	8	12	29
Avril	0	2	0	0	6	30	0	2	0	0	6	30
Mai	0	3	2	0	19	38	0	1	2	0	2	8
Oct.	0	5	2	0	19	27	0	4	1	0	10	20
Nov.	4	1	1	11	4	25	4	1	1	11	4	25
Déc.	1	1	0	2	1	15	1	1	0	2	1	15
	11	18	8	31	77	**28**	11	13	7	31	36	**19**
						29						**22**
1923.												
Janv.	3	2	1	4	5	15	3	2	1	4	5	15
Fév.	1	2	0	5	5	33	1	2	0	5	5	33
Mars	4	3	1	8	3	14	4	3	1	8	3	14
Avril	5	3	1	13	8	23	5	3	1	13	8	23
Mai	4	0	1	15	0	30	3	0	1	8	0	20
Juin	4	3	4	12	6	16	3	3	4	6	6	12
Juill.	7	2	1	13	4	17	7	2	1	13	4	17
Août	3	4	0	8	8	23	3	4	0	8	8	23
Oct.	5	2	0	14	13	39	4	1	0	7	3	20
Nov.	4	1	0	9	1	20	3	1	0	3	1	10
	40	22	9	101	53	**23**	36	21	9	75	43	**19**
						22						**18**
1924.												
Janv.	6	2	1	19	2	23	5	2	1	12	2	17
Fév.	4	2	1	10	9	27	4	1	1	10	1	18
Mars	8	0	0	46	0	58	4	0	0	14	0	35
Avril	3	0	0	22	0	73	1	0	0	3	0	30
Mai	8	0	0	43	0	54	4	0	0	13	0	32
Juin	5	2	0	18	6	34	4	2	0	12	6	30
Juill.	5	2	1	23	3	32	3	2	1	9	3	20
Août	2	1	1	2	5	18	2	1	1	2	5	18
Oct.	1	3	2	9	8	28	0	3	2	0	8	16
Nov.	4	0	2	17	0	28	3	0	2	7	0	14
Déc.	2	2	1	3	4	14	2	2	1	3	4	14
	48	14	9	212	37	**35**	32	13	9	85	29	**22**
						35						**21**

2. C_j au point IV.

1920.	n.			Σ.		m.	n'.			'.		m'.
	+	−	0	+	−		+	−	0	+	−	
Août	1	1	0	2	4	30	1	1	0	2	4	30
Sept.	0	2	0	0	4	20	0	2	0	0	4	20
	1	3	0	2	8	**15**	1	3	0	2	8	**15**

3. C_{p_2} au point II.

1921.												
Août	2	0	2	4	0	10	2	0	2	4	0	10

4. $Ch_{b'}$ au point III.

1922.												
Avril	0	1	0	0	5	50	0	1	0	0	5	50
Mai	3	1	0	12	4	40	2	1	0	4	4	27
Juin	0	2	0	0	5	25	0	2	0	0	5	25
Juill.	1	2	1	6	3	22	0	2	1	0	3	10
Août	2	2	1	5	7	24	2	2	1	5	7	24
Nov.	1	3	0	7	14	52	0	2	0	0	6	30
Déc.	1	2	1	2	10	30	1	1	1	2	4	20
	8	13	3	32	48	**35**	5	11	3	11	34	**27**
						33						**24**
1923.												
Janv.	0	3	0	0	11	37	0	3	0	0	11	37
Fév.	1	5	0	1	11	20	1	5	0	1	11	20
Mars	1	3	0	1	4	12	1	3	0	1	4	12
Avril	0	3	1	0	7	18	0	3	1	0	7	18
Mai	1	0	3	1	0	2	1	0	3	1	0	2
Juin	3	2	2	6	7	19	3	2	2	6	7	19
Juill.	2	4	1	3	5	11	2	4	1	3	5	11
Août	4	4	2	14	7	21	3	4	2	8	7	17
Oct.	1	1	2	5	9	35	1	0	2	5	0	18
Nov.	0	3	1	0	8	20	0	3	1	0	8	20
Déc.	0	4	0	0	13	32	0	3	0	0	7	23
	13	32	13	31	82	**21**	12	30	12	25	67	**18**
						20						**17**

Ch$_{b'}$ (*suite*) au point III.

1924.	*n.*			Σ.		*m.*	*n'.*			Σ'.		*m'.*
	+	−	0	+	−		+	−	0	+	−	
Janv.	0	0	1	0	0	00	0	0	1	0	0	00
Fév.	1	2	0	1	6	23	1	2	0	1	6	23
Mars	1	5	2	1	13	18	1	5	2	1	13	18
Avril	1	5	1	4	22	37	1	3	2	4	7	22
Mai	2	6	1	3	17	22	2	6	1	3	17	22
Juin	1	5	1	5	20	36	1	3	1	5	8	26
Juill.	1	7	0	1	19	25	1	6	0	1	10	16
Août	5	2	1	9	6	19	5	2	1	9	6	19
Nov.	0	7	1	0	37	46	0	3	1	0	8	20
Déc.	0	4	2	0	17	28	0	3	2	0	6	12
	12	43	10	24	157	**25**	12	33	10	24	81	**18**
						28						**19**

5. Ch$_{p_2}$ au point II.

1923.	*n.*			Σ.		*m.*	*n'.*			Σ'.		*m'.*
Mars	0	1	0	0	3	30	0	1	0	0	3	30
Avril	3	0	0	7	0	23	3	0	0	7	0	23
	3	1	0	7	3	**26**	3	1	0	7	3	**26**

6. D$_b$ au point III.

1923.	*n.*			Σ.		*m.*	*n'.*			Σ'.		*m'.*
Janv.	2	3	2	5	10	21	2	3	2	5	10	21
Fév.	3	10	1	14	26	29	2	10	1	8	26	26
Mars	2	9	0	2	43	41	2	5	0	2	14	21
Avril	1	5	0	5	23	47	1	4	0	5	13	36
Mai	0	5	0	0	32	64	0	1	0	0	5	50
Juin	3	5	2	8	18	26	3	5	2	8	18	26
Juill.	0	2	0	0	4	20	0	2	0	0	4	20
	11	39	5	34	156	**35**	10	30	5	28	90	**29**
						35						**26**

7. F$_j$ au point IV.

1920.	*n.*			Σ.		*m.*	*n'.*			Σ'.		*m'.*
Juin	1	0	0	1	0	10	1	0	0	1	0	10
Juill.	7	1	2	24	7	31	6	0	2	16	0	20
Août	7	4	1	34	8	35	5	4	1	20	8	28
Oct.	7	3	2	28	9	31	5	3	2	14	9	23
Nov.	2	2	1	8	5	26	2	2	1	8	5	26
	24	10	6	95	29	**27**	19	9	6	59	22	**21**
1921.												
Fév.	4	0	0	10	0	25	4	0	0	10	0	25
Mars	4	1	0	23	4	54	2	1	0	6	4	33
Avril	1	0	1	1	0	5	1	0	1	1	0	5
	9	1	1	34	4	**28**	7	1	1	17	4	**21**

8. H$_{p_2}$ au point I.

1920.	*n.*			Σ.		*m.*	*n'.*			Σ'.		*m'.*
	+	−	0	+	−		+	−	0	+	−	
Déc.	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1

9. L$_{p_1}$ au point I.

1920.	*n.*			Σ.		*m.*	*n'.*			Σ'.		*m'.*
Mai	4	1	0	14	1	30	3	1	0	8	1	22
Juin	2	2	1	6	2	16	2	2	1	6	2	16
	6	3	1	20	3	**24**	5	3	1	14	3	**19**

10. L$_g$ au point II.

1920.	*n.*			Σ.		*m.*	*n'.*			Σ'.		*m'.*
Juin	3	1	0	4	1	12	3	1	0	4	1	12

11. L$_j$ au point IV.

1921.	*n.*			Σ.		*m.*	*n'.*			Σ'.		*m'.*
Fév.	1	3	0	3	4	18	1	3	0	3	4	18
Mars	5	0	0	14	0	28	5	0	0	14	0	28
Avril	1	0	0	1	0	10	1	0	0	1	0	10
	7	3	0	18	4	**19**	7	3	0	18	4	**19**
1923.												
Mai	2	2	1	4	8	24	2	2	1	4	8	24
Juin	3	2	1	7	3	17	3	2	1	7	3	17
Juill.	0	4	1	0	15	30	0	3	1	0	7	17
Sept.	2	0	0	10	0	50	2	0	0	10	0	50
Oct.	4	4	1	12	16	31	4	3	1	12	10	28
Nov.	5	1	0	11	1	20	5	1	0	11	1	20
Déc.	2	0	0	6	0	30	2	0	0	6	0	30
	18	13	4	50	43	**29**	18	11	4	50	29	**27**
						27						**24**
1924.												
Janv.	1	1	0	2	3	25	1	1	0	2	3	25
Fév.	1	0	0	4	0	40	1	0	0	4	0	40
Mars	1	4	0	3	8	22	1	4	0	3	8	22
Juin	2	0	0	7	0	35	2	0	0	7	0	35
Juill.	4	1	0	14	3	34	3	1	0	7	3	25
Sept.	2	0	0	10	0	50	1	0	0	1	0	10
Oct.	2	0	0	5	0	25	2	0	0	5	0	25
Nov.	3	0	0	20	0	67	1	0	0	4	0	40
Déc.	4	0	0	22	0	55	3	0	0	11	0	37
	20	6	0	87	14	**39**	15	6	0	44	14	**29**
						39						**28**

12. L$_{p_2}$ au point II.

1921.	*n.*			Σ.		*m.*	*n'.*			Σ'.		*m'.*
Juill.	6	4	1	9	8	15	6	4	1	9	8	15
Août	1	0	1	1	0	5	1	0	1	1	0	5
	7	4	2	10	8	**10**	7	4	2	10	8	**10**

12. L_{p_2} (*suite*) au point II.

1922.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Sept.	0	4	2	0	5	8	0	4	2	0	5	8

13. L_{g_2} au point I.

1922.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Mars	0	5	0	0	16	32	0	4	0	0	10	25

14. $Le_{b'}$ au point III.

	n. +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
1923.												
Nov.	2	1	1	10	3	32	1	1	0	3	3	30
Déc.	0	2	0	0	13	65	0	1	0	0	5	50
	2	3	1	10	16	**48**	2	2	0	3	8	**40**
1924.												
Janv.	1	0	0	1	0	10	1	0	0	1	0	10
Fév.	2	1	0	8	3	37	1	1	0	2	3	25
Mars	1	2	0	5	4	30	1	2	0	5	4	30
Avril	0	1	0	0	1	10	0	1	0	0	1	10
	4	4	0	14	8	**22**	3	4	0	8	8	**19**

15. M_g au point II.

	n. +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
1920.												
Juil.	0	1	0	0	7	70	0	0	0	0	0	»
Août	1	1	0	2	9	55	1	0	0	2	0	20
Oct.	1	8	1	3	54	57	1	3	1	3	12	30
Nov.	0	5	0	0	37	74	0	4	0	0	16	37
	2	15	1	5	107	**64**	2	7	1	5	28	**29**
1921.												
Janv.	1	2	0	2	17	63	1	0	0	2	0	20

16. M_{p_2} au point II.

1922.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Août	1	1	0	3	8	55	1	0	0	3	0	30
Sept.	0	2	0	0	13	65	0	1	0	0	1	10
	1	3	0	3	21	**60**	1	1	0	3	1	**20**

17. M_b au point I.

1923.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Mai	0	4	0	0	34	85	0	0	0	0	0	»
Juin	0	1	0	0	6	60	0	0	0	0	0	»
Août	0	8	1	0	32	36	0	7	1	0	25	32
Sept.	1	5	0	1	14	25	1	4	0	1	6	14
Oct.	0	1	0	0	2	20	0	1	0	0	2	20
Nov.	0	3	0	0	8	27	0	3	0	0	8	27
Déc.	0	1	0	0	9	90	0	0	0	0	0	»
	1	23	1	1	105	**49**	1	15	1	1	41	**23**
						42						

17. M_b (*suite*) au point I.

1924.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Janv.	0	4	0	0	23	57	0	2	0	0	8	40
Fév.	0	4	0	0	12	30	0	3	0	0	6	20
Mars	0	6	1	0	17	24	0	6	1	0	17	24
Avril	2	4	0	5	15	33	2	4	0	5	15	33
Mai	1	6	0	2	32	49	1	4	0	2	17	38
Juin	0	5	1	0	23	38	0	3	1	0	9	22
Juil.	0	4	0	0	15	38	0	3	0	0	9	30
Sept.	0	3	2	0	10	20	0	3	2	0	10	20
Oct.	0	2	0	0	10	50	0	1	0	0	1	10
Nov.	1	3	2	3	7	17	1	3	2	3	7	17
Déc.	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	41	7	10	164	**32**	4	32	7	10	99	**23**
						33						**25**

18. S_{p_2} au point I.

1921.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Fév.	0	6	0	0	21	35	0	5	0	0	15	30
Mars	2	5	3	5	19	24	2	3	3	5	6	13
	2	11	3	5	40	**30**	2	8	3	5	21	**22**

19. S_{g_2} au point I.

1922.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Fév.	0	4	0	0	29	72	0	0	0	0	0	»
Mars	0	2	0	0	11	55	0	1	0	0	2	20
	0	6	0	0	40	**64**	0	1	0	0	2	**20**

20. $S_{b'}$ au point III.

1922.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Mai	1	0	0	10	0	100	0	0	0	0	0	»

21. V_{g_1} au point II.

1920.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Janv.	3	2	1	10	6	27	3	2	1	10	6	27
Fév.	4	3	3	12	8	20	4	3	3	12	8	20
Mars	8	1	1	31	2	33	6	1	1	18	2	25
Avril	5	3	0	21	8	36	4	3	0	14	8	31
Mai	6	3	1	23	12	35	5	2	1	17	6	29
Juin	1	0	0	6	0	60	0	0	0	0	0	»
Sept.	3	2	2	3	11	20	3	1	2	3	1	7
Oct.	3	6	2	8	25	30	3	3	2	8	7	19
Nov.	1	5	1	1	14	21	1	5	1	1	14	21
Déc.	2	0	1	3	0	10	2	0	1	3	0	10
	36	25	12	118	86	**29**	31	20	12	86	52	**22**
						28						**22**

21. V_{g_1} (*suite*) au point **II**.

1921.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ +	Σ −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Janv.	1	2	0	2	5	23	1	2	0	2	5	23
Fév.	6	1	1	13	3	20	6	1	1	13	3	20
Mars	7	7	0	24	24	34	7	7	0	24	24	34
Avril	1	1	0	2	1	15	1	1	0	2	1	15
Mai	4	1	2	6	1	10	4	1	2	6	1	10
Juin	2	6	1	6	33	43	2	3	1	6	5	18
	21	18	4	53	67	**24**	21	15	4	53	39	**20**
						28						**23**

22. V_{p_2} au point **II**.

1921.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ +	Σ −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Avril	3	1	0	5	1	15	3	1	0	5	1	15
Août	0	2	1	0	2	7	0	2	1	0	2	7
Sept.	5	5	1	10	9	17	5	5	1	10	9	17
Oct.	5	3	3	7	7	13	5	3	3	7	7	13
Nov.	3	4	1	8	13	26	3	3	1	8	5	19
Déc.	2	1	0	13	2	50	1	1	0	4	2	30
	18	16	6	43	34	**21**	17	15	6	34	26	**15**
						19						16

22. V_{p_2} (*suite*) au point **II**.

1922.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Janv.	1	0	2	5	0	17	1	0	2	5	0	17
Févr.	3	1	0	10	1	28	2	1	0	4	1	17
Mars	3	0	0	11	0	37	2	0	0	5	0	25
Avril	2	1	1	6	1	18	2	1	1	6	1	17
Mai	5	0	2	25	0	36	3	0	2	8	0	16
Juin	2	1	0	7	1	27	2	1	0	7	1	27
Juil.	3	2	3	11	4	19	3	2	3	11	4	19
Août	0	1	0	0	1	10	0	1	0	0	1	10
Oct.	3	2	2	6	3	13	3	2	2	6	3	13
Nov.	0	1	0	0	1	10	0	1	0	0	1	10
Déc.	1	1	1	2	4	20	1	1	1	2	4	20
	23	10	11	83	16	**21**	19	10	11	54	16	**17**
						22						18
1923.												
Janv.	1	0	0	1	0	10	1	0	0	1	0	10
Févr.	1	0	0	5	0	50	1	0	0	5	0	50
Sept.	3	0	0	14	0	47	2	0	0	8	0	40
Oct.	2	2	0	14	6	50	1	2	0	2	6	27
Nov.	3	0	0	11	0	37	3	0	0	11	0	37
	10	2	0	45	6	**39**	8	2	0	27	6	**33**

23. $V_{b'}$ au point **III**.

1923.	*n.* +	*n.* −	*n.* 0	Σ. +	Σ. −	*m.*	*n'.* +	*n'.* −	*n'.* 0	Σ'. +	Σ'. −	*m'.*
Mars	1	0	1	1	0	5	1	0	1	1	0	5
Avril	1	1	0	7	2	45	0	1	0	0	2	20
Mai	3	0	0	20	0	67	1	0	0	3	0	30
Juin	1	1	0	3	1	20	1	1	0	3	1	20
Juil.	1	0	0	8	0	80	0	0	0	0	0	»
	7	2	1	39	3	**43**	3	2	1	7	3	**19**

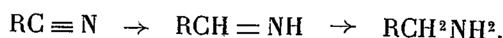
CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique des Nitriles sous pression réduite. Méthode de synthèse des Aldimines.* Note [1] de MM. **V. Grignard** et **R. Escourrou.**

Nos recherches antérieures sur l'hydrogénation catalytique des méthylhepténols tertiaires dans le vide [2] ont montré que par ce nouveau mode opératoire on atténuait, dans une mesure plus ou moins grande, l'activité du catalyseur. On pouvait donc espérer que cette méthode permettrait de s'arrêter à des stades intermédiaires de l'hydrogénation que les méthodes habituelles font franchir, sans palier appréciable. Nous avons été ainsi conduits à l'expérimenter dans des voies diverses et nous désirons consigner aujourd'hui les premiers résultats obtenus avec les nitriles.

(1) Séance du 15 juin 1925.

(2) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 63.

L'hydrogénation complète d'un nitrile devrait conduire à l'amine primaire en passant par l'imine correspondante



$$RC\equiv N \rightarrow RCH=NH \rightarrow RCH^2NH^2.$$

Cependant toutes les méthodes employées jusqu'ici, nickel sec ou mouillé, noir de platine, palladium colloïdal, fournissent, comme produits essentiels, des mélanges d'amine primaire, RCH^2NH^2, et secondaire, $(RCH^2)^2NH$, dans lesquels cette dernière est fortement prédominante. Différentes explications ont été données de ce résultat; la place nous manque pour les discuter ici. Constatons simplement que la réaction dévie, du fait du catalyseur, à partir de la phase imine ou de la phase amine primaire.

Dans l'espoir d'éviter ces phénomènes secondaires, nous avons essayé l'hydrogénation sous pression réduite. Nos essais n'ont encore porté que sur un nitrile nucléaire, le benzonitrile, et sur un extranucléaire, le cyanure de benzyle, de caractère, en somme aliphatique; mais les résultats ont été très nets.

L'hydrogénation s'arrête à l'*aldimine* que l'on peut isoler à l'état de monomère, $R-CH=NH$, et c'est la première fois, croyons-nous, que ce résultat ait pu être atteint. En dehors, en effet, des aldimines substituées qui sont stables, on n'a décrit que le chlorhydrate de benzaldimine ([1]), mais la base n'a pu être isolée à l'état libre.

Nos hydrogénations ont été réalisées dans un appareil en verre, complètement soudé, dans lequel l'hydrogène pur et la substance à catalyser sont amenés par des tubes capillaires. Il sera décrit ailleurs ([2]).

L'expérience montre que la réaction change d'allure au-dessous d'une certaine pression et d'une certaine température. On peut alors en suivre facilement la marche par la variation de l'indice de réfraction.

Phényléthanaldimine. — L'hydrogénation du cyanure de benzyle a été réalisée sur oxyde de platine, monté sur ponce granulée. A la température de 200° et sous une pression de 220^{mm}, elle a été complète en un seul passage. L'indice de réfraction est passé de $N_D^{12} = 1,5265$ à 1,5402, et n'a plus varié.

Le liquide recueilli distille intégralement à 212-214°, sous 750^{mm}, avec léger dégagement d'ammoniac. Au point de vue de la grandeur moléculaire, il est utile de remarquer que ce point d'ébullition est exactement équidistant de ceux du nitrile (230°) et de l'amine primaire (195-197°).

---

(1) Busch, *Ber.*, 29, 1896, p. 2137.

(2) Voir R. Escourrou, *Thèse d'Etat*, Lyon, 1925.

Les propriétés du nouveau corps concordent pour établir qu'il s'agit de la phényléthanaldimine, $C^6H^5CH^2 - CH = NH$.

L'hydrolyse par la potasse à 5 pour 100 dégage de l'ammoniac et l'on perçoit très nettement, après neutralisation, l'odeur caractéristique de l'aldéhyde phényléthylique (¹). L'acide chlorhydrique concentré donne intégralement un chlorhydrate cristallisé, fusible vers 180° en se sublimant. En tube scellé, ce composé paraît se conserver, mais si on l'étale à l'air libre, il se transforme intégralement, en quelques jours, en magnifiques feuillets incolores qui fondent vers 83°-85°, en se sublimant. Ce polymère cristallisé est insoluble dans l'éther et la ligroïne. Il se dissout dans l'alcool chaud, mais ne cristallise plus par refroidissement. Il semble, en effet, s'être déshydraté car, par évaporation du solvant, il reste une huile incristallisable qui régénère les cristaux primitifs si on l'abandonne à l'air humide. Ceci s'accorde bien avec la formule actuellement admise pour l'aldéhydate d'ammoniac.

Les cristaux précédents ont été purifiés par lavage à l'éther, puis séchés sur brique poreuse et ensuite dans le vide sulfurique où ils s'effleurissent légèrement. Leur analyse a donné :

Trouvé	C = 70,9	H = 8,06
Pour $C^6H^5CH^2CH = NH, H^2O$	C = 70,07	H = 8,03
Pour $C^6H^5CH^2CH = NH$	C = 80,6	H = 7,47

Nous sommes donc bien en présence de l'aldéhydate ammoniac qui a perdu un peu d'eau. Nous n'avons pu déterminer son poids moléculaire, ni par cryoscopie, ni par ébullioscopie, en raison de son insolubilité, à froid, dans les principaux solvants et de son instabilité, à chaud. Mais nous pouvons admettre par analogie avec les corps du même type déjà étudiés (²) qu'il s'agit du trimère $(C^6H^5CH^2 - CH = NH, H^2O)^3$.

On arrive encore uniquement à l'aldimine en hydrogénant sur du nickel monté sur ponce finement granulée. Mais quand ce nickel est très actif, il est nécessaire d'opérer dans un meilleur vide.

Benzaldimine. — L'hydrogénation du benzonitrile a été effectuée sur du nickel monté comme le précédent et refroidi, après réduction, dans le gaz carbonique. A 140° sous 50^{mm} la réaction va encore, en grande partie, dans le sens habituel. Au-dessous de 175°, sous 10^{mm}-12^{mm}, la production d'am-

(¹) Ce corps ne s'hydrolyse pas par l'eau à 100° à la pression ordinaire.

(²) Voir ASCHAN, *Ber.*, 48, 1916, p. 874.

moniac est très faible [1] et le liquide qui passe est constitué a peu près uniquement par de la benzaldimine.

C'est malheureusement un corps très peu stable qui dès la température ordinaire ne tarde pas à dégager de l'ammoniac. Si l'on essaie de le distiller, ce dégagement est abondant et il se dépose un corps cristallisé qui est de la benzhydramide (F. 111°). Même dans le vide, la distillation provoque une décomposition.

L'analyse effectuée immédiatement a donné :

Trouvé................	$C = 79,3$	$H = 6,87$
Pour $C^6H^5CH = NH$.....	$C = 80,0$	$H = 6,66$
Pour $(C^6H^5CH)^3N^2$......	$C = 84,5$	$H = 6,04$

En outre,

$$d_{13} = 1,009, \qquad n_D^{12} = 1,5725;$$

d'où

$$\frac{n^2-1}{n^2+1}\frac{M}{d} = 34,27.$$

Calculé [2] .... $Rm = 33,767$.

Cette exaltation d'une demi-unité s'explique par l'existence d'une double liaison, N=, conjuguée du noyau.

Le poids moléculaire déterminé par cryoscopie dans le benzène, un jour et demi après la préparation, a donné 124 au lieu de 105, indiquant déjà l'évolution vers la benzhydramide (298). Cette transformation s'effectue d'ailleurs rapidement et d'une manière complète à l'air libre, sans qu'on puisse isoler, comme dans le cas précédent, un aldéhydate d'ammoniac.

On retrouve donc, ici, la différence classique entre les aldéhydes aromatiques nucléaires et les autres, dans leur comportement avec l'ammoniac.

La benzaldimine, hydrolysée par l'acide sulfurique dilué, donne du benzaldéhyde. Traitée par l'acide chlorhydrique concentré, à froid, elle se transforme totalement en chlorhydrate cristallisé, fusible à 203-204° [3]. Celui-ci, abandonné à l'air, se colore en rose, au bout d'une demi-heure,

---

(1) Vers 210°, le dégagement d'ammoniac est intense, vraisemblablement par formation d'hydramide. Il est donc probable que la réaction habituelle, à la pression ordinaire, ne donne pas directement l'amine primaire, mais dévie, à partir de l'imine, par formation d'hydramide.

(2) En prenant pour incrément de N celui des imines substituées, 3,776, d'après Eisenlohr, *Spektrochemie organischer Verbindungen*, 1912.

(3) Celui décrit par Busch (*loc. cit.*) fondait à 181°.

et l'on perçoit l'odeur du benzaldéhyde. Il y a donc hydrolyse sous l'influence de l'humidité de l'air. Comme l'imine dont il dérive, ce chlorhydrate est donc beaucoup moins stable que celui de l'imine précédente.

BOTANIQUE. — *Sur la naturalisation en France d'une Floridée australasienne* (Asparagopsis armata *Harv.*) *et sur ses ioduques.* Note de M. C. **Sauvageau.**

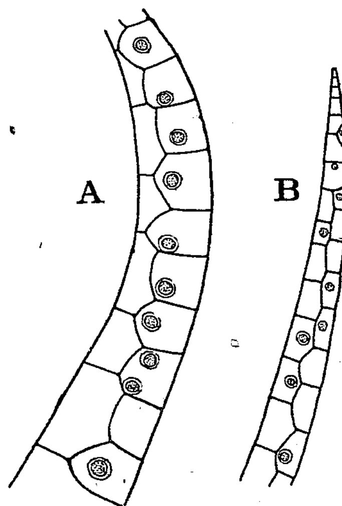
J'ai montré naguère (¹) que, malgré l'uniformité du milieu dans lequel vivent les Algues marines, malgré leur transport par les courants, les bateaux, etc., elles se naturalisent assez rarement dans des localités éloignées de leur habitat ordinaire; aussi la mention de cas nettement constatés de ce phénomène est-elle toujours intéressante pour la géographie botanique.

J'ai parcouru les rochers littoraux de Guéthary (Basses-Pyrénées) le 22 avril dernier pour y chercher diverses espèces. En recommençant la même exploration les 5 et 6 juin, j'eus la surprise de rencontrer, sur une longueur de côte d'environ 1^{km}, une belle Floridée inconnue dans la région, dont la teinte rose tendre, qui rappelle celle des jeunes *Jania rubens*, forçait d'autant plus l'attention qu'elle vit souvent accrochée aux longs panaches verts de l'*Enteromorpha ramulosa*. Elle avait donc pris son développement depuis la fin d'avril, et les excursions que j'ai faites dans la même localité en août et septembre 1923, en avril, juin, août et septembre 1924, seul ou accompagné du Dr Lancelot, laissent croire qu'elle n'y existait pas avant 1925.

De stolons cylindriques enchevêtrés, s'élèvent des frondes en pyramide dépassant fréquemment 12^{cm} sur 10 à 15^{mm}, composées d'un axe cylindrique ou tige, qui porte des «feuilles» et de nombreux rameaux courts insérés sur quatre génératrices et garnis de feuilles grêles. Des stolons errants, nés en des points variés de la tige, munis de courts ramules courbés en hameçon, agrippent la plante à l'*Ent. ramulosa* et à d'autres Algues : *Halopteris scoparia*, *Cladostephus verticillatus*, *Halopithys pinastroides*, *Polysiphonia fruticulosa*, etc.; elle se fixe aussi sur les rochers. La

(¹) *Sur la dissémination et la naturalisation de quelques Algues marines* (*Bull. Inst. océanographique*, n° 342, Monaco, 1918, p. 1 à 28).

plante croît si vigoureusement que certains individus comprennent plus de cinquante frondes en pyramide; elle fructifie abondamment, les frondes mâles étant plus jaunes que les frondes femelles; le diamètre des céramides, comparables à celles du *Bonnemaisonia asparagoides* et remplies de spores, dépasse 1^{mm}. La plante est donc si bien pourvue d'organes de propagation et de reproduction qu'il n'est pas téméraire de prévoir sa naturalisation sur nos côtes.



Cette Algue, nouvelle pour la France, est l'*Asparagopsis armata*, Harv. Harvey l'a figurée avec ses « retrorse hooks » caractéristiques, et en a distribué des exemplaires (1) auxquels j'ai comparé la plante de Guéthary. Harvey la cite en Australie, où elle abonde sur toute la côte sud, en Tasmanie et en Nouvelle-Zélande; l'*Epicrisis* de J. Agardh et le *Sylloge* de De Toni indiquent la même distribution, et je tiens de l'obligeance de M. Hamel que l'herbier Thuret et l'herbier du Muséum n'en renferment point d'autre provenance.

Néanmoins dans une collection d'Algues de la côte d'Alger, qu'un amateur zélé, M. Tesnier, soumit tout récemment à M. Hamel, se trouvent plusieurs échantillons d'*Asp. armata*, récoltés le 20 avril 1923, par 50^{cm} de

(1) W.-H. Harvey, *Phycologia australica*, Londres, 1862, pl. 192, et *Algæ of Australia*, n° 242.

profondeur, à Saint-Eugène où ils étaient peu abondants. La plante y'est certainement d'importation récente.

L'*Asp. armata*, préparé pour l'herbier, tache largement en bleu le calicot et le papier buvard; j'ai déjà signalé le même fait à propos de l'*Asp. Delilei* (1), où il est bien plus évident qu'avec le *Bonn. asparagoides* étudié par Kylin. Conservé dans l'alcool à 70°, il lui communique une odeur d'iode.

L'examen sous le microscope montre le siège de la réserve iodée, mais le temps dont je disposais était si limité que j'ai seulement ébauché cette étude; sa nouveauté m'engage néanmoins à publier les résultats obtenus (2). Les cellules des feuilles possèdent un protoplasme périphérique où gisent des chromatophores discoïdes ou brièvement rubanés; des tractus protoplasmiques traversent le suc cellulaire; dans certaines cellules, tout près de l'une des parois anticlines, est une masse sphérique d'un brun foncé, compacte, finement granuleuse, entourée d'une couronne incolore, aussi nettement limitée qu'une membrane; celle-ci est une vacuole, appuyée contre le protoplasme périphérique, où le globule brun est plongé sans en occuper toute la cavité; j'appelle le tout un *ioduque* (3). Les croquis A et B, qui montrent une portion d'une feuille large et d'une feuille grêle, indiquent l'aspect général à une certaine mise au point; les parois anticlines étant plus ou moins obliques, on doit faire varier la mise au point pour apprécier la situation vraie des divers ioduques; le plus jeune ioduque (croquis B) n'est guère éloigné du sommet où l'accroissement s'effectue. Inégalement répartis dans l'assise externe de la tige, des rameaux et des jeunes stolons, les ioduques sont particulièrement nombreux sur la face supérieure des céramides qui, à un faible grossissement, paraissent couvertes de perles réfringentes.

Les expériences ci-dessous réussissent mieux avec des feuilles larges, prises sur la tige ou à la base des ramules, qu'avec les feuilles grêles. Toute contusion d'une cellule iodifère détruit en même temps l'ioduque. L'eau distillée fait éclater l'ioduque dont le contenu fuse dans la cellule, où ses granules bruns très ténus s'animent du mouvement brownien; souvent, la cellule éclate et les granules se répandent à l'extérieur. Un léger empois

---

(1) *Utilisation des Algues marines*, Paris, 1920, p. 27 et 304.

(2) Conolly, qui a étudié l'*Asp. armata* d'après des matériaux rapportés d'Australie par Gœbel (*Beiträge zur Kenntnis einiger Florideen*, *Flora*, **103**, Iéna, 1911, p. 135), ne pouvait voir les ioduques.

(3) De Ἰώδης et — ουχος contenant (de ἔχω).

d'amidon agit moins brutalement; la phycoérythrine colore d'abord toute la cellule en rose, puis l'ioduque éclate; les granules m'ont paru alors animés d'un mouvement plus rapide; bientôt une couche d'un bleu vif d'iodure d'amidon apparaît à l'extérieur de la cellule correspondante, comme si une portion dissoute des granules avait filtré au dehors. On ralentit la réaction en ajoutant de l'eau de mer à l'empois, mais je n'ai pas réussi à colorer en bleu les granules eux-mêmes.

J'ai laissé une branche d'*Asp. armata* toute une nuit dans une solution très diluée de bleu crésyl brillant dans l'eau de mer sans parvenir à colorer la vacuole de l'ioduque. Mais une solution plus foncée, agissant ensuite sur des feuilles détachées de cette branche, a produit un phénomène inattendu : dans diverses cellules, est apparu un paquet de fins cristaux rayonnants, colorés d'abord en rouge brique, puis en bleu foncé; vers le moment où le changement de couleur s'effectue, le contenu de l'ioduque verdit, fuse dans la cellule qui tout entière verdit. On peut donc croire que l'ioduque renferme de l'iode libre.

En offrant à l'Académie une brochure dont il est l'auteur, intitulée *Esquisse d'ensemble de la nomographie* et qui forme le fascicule IV du *Mémorial des Sciences mathématiques*, M. d'Ocagne s'exprime ainsi :

« Dans l'ordre des arts plastiques, l'esquisse, c'est-à-dire la synthèse sommaire des traits essentiels de l'œuvre conçue par un artiste, précède nécessairement l'exécution définitive. Dans l'ordre des sciences mathématiques, c'est, en réalité, tout le contraire. Ce n'est, en effet, que lorsqu'une théorie nouvelle — œuvre d'art, elle aussi, à certain égard — a atteint un suffisant état d'achèvement que l'on peut songer à en ramasser les traits essentiels en un exposé succinct, auquel convient d'ailleurs parfaitement le terme d'esquisse. C'est, en ce qui concerne la nomographie, une telle esquisse qui se trouve réalisée dans ce fascicule IV du *Mémorial* que, sous la direction éclairée de M. Villat, la maison Gauthier-Villars vient, par la plus heureuse initiative, d'instituer, en vue de grouper en une collection unique, toute une série de tableaux synthétiques fixant, dans leurs grandes lignes, les principales acquisitions dont s'est accru, dans la période contemporaine, le domaine des sciences mathématiques.

» Cet exposé, de forme nouvelle, des principes de la nomographie, appelle d'ailleurs la remarque que voici : la théorie morphologique, fondée sur la notion de contact graphique, apparaissait, dans les publications anté-

rieures de l'auteur, comme une synthèse *a posteriori* de tous les types de nomogrammes étudiés, permettant non seulement de classer rationnellement tous ces types eux-mêmes, mais encore, d'avance, tous ceux qu'il sera jamais possible d'imaginer. Dans la présente brochure, cette théorie sert, d'un bout à l'autre, de fil conducteur à l'exposé, faisant naître, en quelque sorte, les divers types usuels suivant un ordre nécessaire, et permettant de discerner du premier coup, à propos de chacun d'eux, les représentations intrinsèques qui en dérivent, c'est-à-dire celles qui, pour un nombre donné de variables, ne se résolvent pas, par voie de dissociation, en une suite de représentations ne portant chacune que sur un moindre nombre de variables. »

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Division des Applications de la Science à l'Industrie, en remplacement de M. *Charles Rabut*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 62,

M. Léon Guillet	obtient	......	38 suffrages
M. Paul Boucherot	»	......	17 »
M. Louis Breguet	»	......	6 »
M. Ernest Fourneau	»	......	1 suffrage

M. **Léon Guillet**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

NOMINATIONS.

MM. **Edouard Imbeaux** et **Paul Vuillemin** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du *Centenaire de l'École nationale des Eaux et Forêts* qui aura lieu à Nancy les 20 et 21 juillet prochain.

CORRESPONDANCE.

M. le **Sous-Secrétaire d'État de l'Enseignement technique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats à chacun des cours suivants vacants au Conservatoire national des Arts et Métiers : 1° cours de *Chauffage industriel et verrerie;* 2° cours de *Céramique, chaux et ciments*.

(Renvoyé à la Section de Chimie.)

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres, à choisir en dehors des Sections de Médecine et Chirurgie, Anatomie et Zoologie, Economie rurale, Botanique, qui fera partie de la deuxième Section de la Commission technique de la *Caisse des recherches scientifiques*, en remplacement de M. *Haller*, décédé.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Dictionnaire aide-mémoire de Botanique, par C.-L. Gatin, revisé et corrigé après la mort de l'auteur par Mme Allorge-Gatin. (Présenté par M. H. Lecomte.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur certaines probabilités asymptotiques.* Note de **M. J. Haag**, présentée par M. Émile Borel.

I. Soit un point M qui obéit à une loi de Gauss isotrope, de centre O′ et d'écart unitaire égal à l'unité de longueur. Soit maintenant une aire finie (A) limitée par le contour C et P, la probabilité pour que M soit dans cette aire, pour une position donnée de O′. Supposons que O′ s'éloigne à l'infini sur la partie positive de Ox et cherchons la valeur asymptotique P′ de P.

Appelons (E) l'ensemble des points de A qui ont l'abscisse maximum, et z la quantité qu'il faut ajouter à cette abscisse pour obtenir l'abscisse de O′.

Premier cas : (E) *comprend un ou plusieurs segments* A_iB_i. — Soient a_i et b_i les ordonnées respectives des points A_i et B_i, la première étant la plus petite. On a

$$(1) \qquad P' = \frac{e^{-z^2}}{4z\sqrt{\pi}} \sum_i [\Theta(b_i) - \Theta(a_i)].$$

Deuxième cas : (E) *ne comprend que des points réguliers* A_i *de la courbe* C. — Soient a_i l'ordonnée de A_i et R_i le rayon de courbure de C en ce point ; on a

$$(2) \qquad P' = \frac{e^{-z^2}}{2z\sqrt{\pi z}} \sum_i e^{-a_i^2} \sqrt{R_i}.$$

Troisième cas : (E) *ne comprend que des points anguleux* A_i *de* C. — Soient a_i l'ordonnée de A_i et α_i, β_i les pentes des deux tangentes en ce point, la première étant la plus petite. On a

$$(3) \qquad P' = \frac{e^{-z^2}}{4\pi z^2} \sum_i (\beta_i - \alpha_i) e^{-a_i^2}.$$

Quatrième cas : (E) *ne comprend que des points de rebroussement* A_i *de* C. — Soit toujours a_i l'ordonnée de A_i. Si l'on porte l'origine en ce point, les deux branches de C qui en sont issues ont des équations de la forme

$$y = m_i x + \alpha_i x^{1+\frac{1}{p}}, \qquad y = m_i x + b_i x + \beta_i x^{1+\frac{1}{p}},$$

p désignant un nombre entier généralement égal à 2 et que nous supposerons, en tout cas, être le même pour tous les A_i. On a, en supposant $\alpha_i < \beta_i$,

$$(4) \qquad P' = \frac{\Gamma\left(2 + \frac{1}{p}\right)}{4\pi} \frac{e^{-z^2}}{z^2 (2z)^{\frac{1}{p}}} \sum_i (\beta_i - \alpha_i) e^{-a_i^2}.$$

Si plusieurs de ces quatre cas se présentent simultanément, on ne garde que celui qui a le plus petit numéro, en les supposant rangés dans l'ordre ci-dessus.

Nous nous sommes limités, dans ce qui précède, au premier terme du développement asymptotique. Mais il est facile de calculer les suivants.

2. L'aire (A) est une cible, sur laquelle on envoie m projectiles, se répartissant dans le plan suivant la loi de Gauss ci-dessus envisagée. On ne connaît pas la position de O'; mais on sait qu'elle obéit à son tour à une loi de Gauss, d'axes Ox et Oy, et dont les unités d'écart sont a et b. Soit

Q la probabilité pour que la cible soit atteinte plus de n fois. Cherchons la valeur asymptotique Q′ de Q, lorsque m croît indéfiniment.

Bornons-nous au cas où la courbe C est une courbe analytique exempte de singularités. Soit (r, θ) les coordonnées polaires de la projection de O sur la tangente en M à C, la direction positive définie par l'angle θ étant celle de la normale extérieure en M. Nous désignerons par des accents les dérivées de r par rapport à θ.

Premier cas : $a > b$. — Parmi toutes les valeurs de r qui correspondent à $\theta = 0$ ou π, appelons r_0 la plus petite. Posons

$$(5) \qquad M = \log m + 2r_0\sqrt{\log m} - \frac{3}{4}\log\log m + r_0^2 - 2r_0' + \frac{1}{2}\log|r_0 + r_0''| - \frac{b^2}{a^2 - b^2}r_0'^2 - \log(2\sqrt{\pi}).$$

On a

$$() \qquad Q' = \frac{a\Gamma\left(\frac{1}{a^2} + n + 1\right)}{2b\sqrt{\pi}\,n!}e^{-\frac{M}{a^2}}.$$

Deuxième cas : $a = b$. — Soit r_0 le minimum de r lorsque M décrit C. Supposons qu'au voisinage de ce point, on ait

$$r = r_0 + A(\theta - \theta_0)^p, \qquad A > 0, \quad p \text{ pair}.$$

Appelons encore M la quantité définie par la formule (5), dont on aurait supprimé l'avant-dernier terme. On a

$$(7) \qquad Q' = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{p}\right)\Gamma\left(\frac{1}{a^2} + n + 1\right)}{\pi p\, n!\left(\frac{2A}{a^2}\sqrt{\log m}\right)^{\frac{1}{p}}}e^{-\frac{M}{a^2}}.$$

En général, $p = 2$, $A = \frac{r_0''}{2}$.

Il y aurait lieu d'envisager les cas où la courbe C présente les différentes formes énumérées dans le premier paragraphe. Mais cela conduirait à une discussion trop longue pour être exposée ici.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions méromorphes qui sont exceptionnelles relativement au théorème de M. Julia.* Note de M. **G. Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(z)$ une fonction méromorphe autour du point à l'infini. M. Julia a apporté des compléments importants au théorème de M. Picard, notamment dans le cas où l'une des familles de fonctions $f[z\sigma(t)]$, $f(z\sigma^n)$, $f(z\sigma_n)$ n'est pas normale en un point z_0 au moins distinct de 0 et ∞; il a montré que cette circonstance se produit toujours lorsque $f(z)$ admet une valeur asymptotique [1]. Dans deux Notes récentes [2] j'avais abordé l'étude des relations entre les ensembles de points où les diverses familles de M. Julia ne sont pas normales et avais montré que, pour que ces ensembles existent, il suffit que $f(z)$ satisfasse à une certaine condition de croissance et ne soit pas complètement indéterminée sur tout chemin allant à l'infini. Dans un remarquable Mémoire : *Ueber Folgen analytischer Funktionen und einige Verschärfungen des Picardschen Satzes*, M. A. Ostrowski a élucidé d'une façon complète et indépendante ce genre de question et a obtenu *toutes* les fonctions *exceptionnelles* J, fonctions pour lesquelles les ensembles de M. Julia n'existent pas : ces fonctions exceptionnelles sont le quotient de deux fonctions d'ordre nul holomorphes autour du point à l'infini, dont les zéros et les pôles satisfont à certaines conditions.

Je signalerai d'abord ici qu'il existe effectivement des fonctions méromorphes, d'ordre aussi grand que l'on veut, qui sont complètement indéterminées sur tout chemin allant à l'infini. On le voit en construisant d'abord de telles fonctions, qui sont d'ordre nul, et qui, sur une suite de circonférences de rayons indéfiniment croissants, s'approchent autant qu'on veut d'une suite dénombrable de valeurs denses dans tout le plan. En multipliant de telles fonctions par des fonctions d'ordre fini tendant vers un sur la suite de circonférences en question on obtient les fonctions cherchées. Elles

---

(1) *Sur quelques propriétés nouvelles des fonctions entières et méromorphes* (*Annales École Norm.*, 3e série, 36, 1919, p. 93-125; 37, 1920, p. 165-218; 38, 1921, p. 165-181). Voir aussi les *Leçons sur les fonctions uniformes à point singulier essentiel isolé* (Paris, Gauthier-Villars, 1924).

(2) La première seulement de ces Notes a paru : *Remarques sur un théorème de M. Julia* (*Bulletin Sc. math.*, 2e série, 49, 1925, p. 68-73).

peuvent être à croissance très régulière. On reconnaît aisément que, pour qu'une fonction méromorphe jouisse de la propriété indiquée, il est nécessaire et suffisant qu'il existe une suite de courbes fermées entourant l'origine et jouant le rôle des circonférences dont il vient d'être question. Pour une fonction $f(z)$ de cette espèce, tout point du plan simple est point limite de points critiques algébriques de la fonction inverse.

Convenons de dire qu'une courbe C s'éloignant indéfiniment est courbe de M. Picard pour la fonction $f(z)$ lorsque cette fonction prend une infinité de fois toute valeur, sauf deux au plus, dans tout domaine $D(\varepsilon)$ balayé par un cercle variable dont le centre décrit C, le rayon étant le produit de ε par la distance du centre à l'origine. On sait que, pour une fonction non exceptionnelle J, toute courbe Γ fournit au moins une courbe de M. Picard moyennant une rotation convenable autour de l'origine (théorème de M. Julia). Pour une fonction exceptionnelle J, cette propriété peut cesser d'être vraie; c'est le cas pour les fonctions méromorphes (sauf pour o et ∞) invariantes par la substitution $(z, \sigma z)$, $(|\sigma| > 1)$, lorsque Γ est précisément la spirale $z = \sigma^t$ (t réel). Mais on peut rechercher, parmi les courbes d'une classe donnée, celles qui fournissent des courbes de M. Picard. En utilisant les résultats de M. Ostrowski on montre qu'il existe une suite d'entiers p pour lesquels les fonctions $f(z2^p)$ convergent vers une fonction méromorphe qui n'est pas une constante. Le théorème de M. Picard s'applique à la fonction limite, et, en utilisant un théorème de M. Weyl (¹), on arrive à la proposition suivante :

Si $f(z)$ est une fonction exceptionnelle J, *toute spirale logarithmique*

$$z = e^{ia}\, t^{1+ik},$$

où les constantes a et k sont réelles et la variable t positive, est courbe de M. Picard quel que soit a, sauf au plus pour un ensemble de mesure nulle de valeurs de k.

En combinant avec les résultats de M. Julia, on constate que cette proposition est valable pour une fonction méromorphe quelconque. Dans le cas des fonctions exceptionnelles J, les spirales de M. Picard ainsi obtenues sont également des courbes sur lesquelles $f(z)$ est complètement indéterminée.

Ce résultat s'étend à d'autres classes de courbes.

(¹) H. Weyl, *Ueber die Gleichverteilung von Zahlen mod. Eins* (*Math. Annalen*, 77 1916, p. 313-352). Voir en particulier le théorème 21.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur certaines espérances mathématiques et sur l'erreur moyenne du coefficient de corrélation.* Note de M. V. **Romanovsky**, présentée par M. Émile Borel.

I. Soient x et y deux quantités variables à distribution normale, c'est-à-dire telles que la probabilité de leurs valeurs comprises dans les intervalles $(x, x+dx)$ et $(y, y+dy)$ est

$$\frac{1}{2\pi\sqrt{\mu_{20}\mu_{02}(1-r^2)}}\, e^{-\frac{1}{2(1-r^2)}\left[\frac{(x-x_0)^2}{\mu_{20}} - \frac{2r(x-x_0)(y-y_0)}{\sqrt{\mu_{20}\mu_{02}}} + \frac{(y-y_0)^2}{\mu_{02}}\right]}\, dx\, dy,$$

où

$$x_0 = \mathrm{E}(x), \quad y_0 = \mathrm{E}(y), \quad \mu_{20} = \mathrm{E}(x-x_0)^2, \quad \mu_{02} = \mathrm{E}(y-y_0)^2,$$

$$r = \frac{\mathrm{E}(x-x_0)(y-y_0)}{\sqrt{\mu_{20}\mu_{02}}} = \frac{\mu_{11}}{\sqrt{\mu_{20}\mu_{02}}},$$

E étant le signe de l'espérance mathématique; r est le coefficient de corrélation de x et y.

Considérons ensuite une série de s épreuves et soient x_1 et y_1, x_2 et y_2, ..., x_s et y_s les s couples des valeurs de x et y observées. Soient

$$\bar{x} = \frac{1}{s}\Sigma x_i, \qquad \bar{y} = \frac{1}{s}\Sigma y_i,$$

$$\bar{\mu}_{20} = \frac{1}{s}\Sigma(x_i-\bar{x})^2, \qquad \bar{\mu}_{11} = \frac{1}{s}\Sigma(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y}), \qquad \bar{\mu}_{02} = \frac{1}{s}\Sigma(y_i-\bar{y})^2,$$

$$\bar{r} = \frac{\bar{\mu}_{11}}{\sqrt{\bar{\mu}_{20}\bar{\mu}_{02}}},$$

$\bar{r}$ étant la valeur empirique du coefficient de corrélation donnée par les s épreuves considérées.

On trouvera dans cette Note une méthode nouvelle pour recevoir les espérances mathématiques (les moments suivant la terminologie anglaise) de la forme

$$\mathrm{M}_{hkl} = \mathrm{E}(\bar{\mu}_{20}^h \bar{\mu}_{02}^k \bar{\mu}_{11}^l)$$

et des applications de ces moments à la recherche de la valeur exacte de l'erreur moyenne des coefficients de corrélation et de régression.

II. Il est clair qu'on a

$$\mathrm{M}_{hkl} = \lambda^s \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\cdots\int_{-\infty}^{+\infty} \bar{\mu}_{20}^h \bar{\mu}_{02}^k \bar{\mu}_{11}^l\, e^{-\Sigma\theta_i}\, dx_1\, dy_1\, dx_2\, dy_2 \ldots dx_s\, dy_s$$

$$\left\{ \begin{aligned} \lambda &= \frac{1}{2\pi\sqrt{\mu_{20}\mu_{02}(1-r^2)}}, \\ \theta_i &= \frac{1}{2(1-r^2)}\left[\frac{(x_i-x_0)^2}{\mu_{20}} - \frac{2r(x_i-x_0)(y_i-y_0)}{\sqrt{\mu_{20}\mu_{02}}} + \frac{(y_i-y_0)^2}{\mu_{02}}\right] \end{aligned} \right\}.$$

On en déduit que, dans le cas de h, k, l entiers positifs, la fonction

$$(1)\quad \varphi(\alpha, \beta, \gamma) = \lambda^s \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\cdots\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\Sigma Q_i + \alpha\bar{\mu}_{20} + \beta\bar{\mu}_{02} + \gamma\bar{\mu}_{11}}\, dx_1\, dy_1\, dx_2\, dy_2 \ldots dx_s\, dy_s$$

est la fonction génératrice des moments M_{hkl}

$$M_{hkl} = \left[\frac{\partial^{h+k+l}\varphi(\alpha, \beta, \gamma)}{\partial\alpha^h\, \partial\beta^k\, \partial\gamma^l}\right]_{\alpha=\beta=\gamma=0}.$$

En évaluant l'intégrale multiple dans (1) on trouve

$$(2)\quad \varphi(\alpha, \beta, \gamma) = (AB - C^2)^{\frac{s-1}{2}}\left[(A-\alpha)(B-\beta) - \left(C + \frac{1}{2}\gamma\right)^2\right]^{-\frac{s-1}{2}},$$

où l'on a posé

$$(3)\quad A = \frac{s}{2\mu_{20}\rho^2}, \qquad B = \frac{s}{2\mu_{02}\rho^2}, \qquad C = \frac{sr}{2\rho^2\sqrt{\mu_{20}\mu_{02}}}, \qquad \rho = \sqrt{1-r^2}.$$

Soit maintenant $f(\xi, \eta, \zeta)$ la loi des probabilités des quantités

$$\xi = \bar{\mu}_{20}, \qquad \eta = \bar{\mu}_{02}, \qquad \zeta = \bar{\mu}_{11}.$$

Il est clair qu'elle doit être la solution continue unique de l'équation intégrale

$$(4)\quad \int_0^{\infty} d\xi \int_0^{\infty} d\eta \int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi, \eta, \zeta)\, e^{\alpha\xi + \beta\eta + \gamma\zeta}\, d\zeta = \varphi(\alpha, \beta, \gamma),$$

$\varphi(\alpha, \beta, \gamma)$ étant donnée par (2). Je ne pus obtenir la solution cherchée de cette équation que sous la forme

$$(5)\quad f(\xi, \eta, \zeta) = (AB - C^2)^{\frac{s-1}{2}} e^{-A\xi - B\eta + 2C\zeta}(\xi\eta)^{\frac{s-3}{2}} \sum_{9=0}^{\infty} (\xi\eta)^9\, \omega_9(\zeta),$$

où les fonctions $\omega_9(\xi)$ sont définies par les relations

$$(6)\quad \left\{ \begin{array}{l} \displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} e^{(2C+\gamma)\zeta}\, \omega_9(\zeta)\, d\zeta = \frac{1}{\Gamma^2\left(\frac{s-1}{2}\right)} \frac{2^g}{(s-1)(s+1)(s+3)\ldots(s+29-3)} \frac{\left(C + \frac{1}{2}\gamma\right)^{2g}}{g!} \\ \qquad\qquad (g = 0, 1, 2, \ldots). \end{array} \right.$$

La solution trouvée nous permet d'obtenir l'expression générale de M_{hkl} pour h, k quelconques et l entier et positif.

III. Nous allons appliquer maintenant ces relations à la recherche de l'erreur moyenne du coefficient de corrélation $\bar{r}$ qui se définit par

$$\sigma_{\bar{r}} = \sqrt{E(\bar{r} - E\bar{r})^2}.$$

On trouve

$$\sigma_{\bar{r}}^2 = E\bar{r}^{-2} - (E\bar{r})^2 = M_{-1,-1,2} - M^2_{-\frac{1}{2},-\frac{1}{2},1},$$

d'où, à l'aide de la transformation d'Euler,

$$F(\alpha, \beta, \gamma, t) = (1-t)^{\gamma-\alpha-\beta} F(\gamma-\alpha, \gamma-\beta, \gamma, t),$$

on trouve sans difficulté

$$(7)\quad \sigma_{\bar{r}}^2 = \frac{1-r^2}{s-1}\left[F\left(1, 1, \frac{s+1}{2}, r^2\right) + \frac{(s-1)^2}{s+1}\frac{r^2}{1-r^2}F\left(1, 1, \frac{s+3}{2}, r^2\right) - \frac{4}{s-1}\frac{\Gamma^4\left(\frac{s}{2}\right)}{\Gamma^4\left(\frac{s-1}{2}\right)}\frac{r^2}{1-r^2}F^2\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{s+1}{2}, r^2\right)\right],$$

ou, en développant en série de $\frac{1}{s}$,

$$(8)\quad \sigma_{\bar{r}}^2 = \frac{(1-r^2)^2}{s-1}\left[1 + \frac{11r^2}{2s} + \frac{75r^2-13}{2s^2} + \ldots\right].$$

On remarquera encore la valeur probable de $\bar{r}$:

$$(9)\quad E(\bar{r}) = \frac{2}{s-1}\frac{\Gamma^2\left(\frac{s}{2}\right)}{\Gamma^2\left(\frac{s-1}{2}\right)} r F\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{s+1}{2}, r^2\right).$$

MÉCANIQUE DE L'AVIATION. — *Sur une méthode d'étude des efforts d'inertie résultant des manœuvres de pilotage des avions.* Note (1) de MM. E. **Huguenard**, **A. Magnan** et **A. Planiol**, présentée par M. Rateau. (Extrait.)

Il ne nous a pas encore été possible d'expérimenter sur un avion à moteur notre indicateur d'efforts d'ailes (2). En raison de l'intérêt considérable qui s'attache à la mesure des efforts réels en vue de la détermination des coefficients de sécurité, nous avons commencé par utiliser notre accélérographe (3) dont le montage est immédiat et qui, grâce à son amortissement

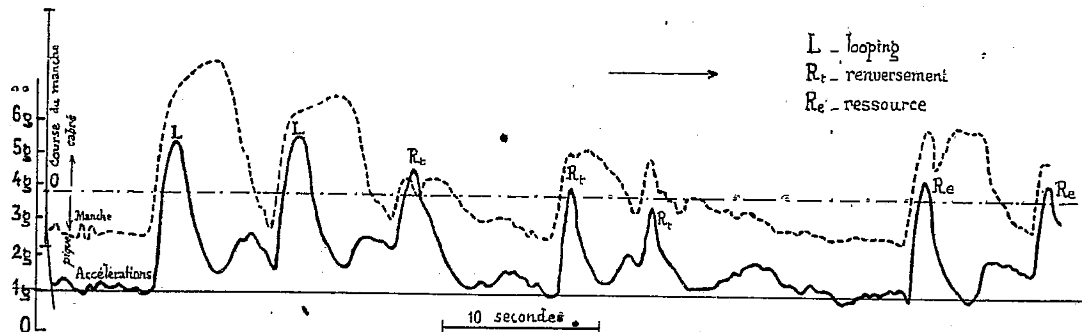
(1) Séance du 15 juin 1925.

(2) Huguenard, A. Magnan et A. Planiol, *Sur la mesure des efforts aérodynamiques supportés par la voilure d'un avion* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1246).

(3) E. Huguenard, A. Magnan et A. Planiol, *Sur un appareil mesurant les déformations des ailes* (*Bull. techn. du Service technique de l'Aéronautique*, n° 24, février 1925, p. 4).

réglable, a pu être boulonné directement sur le fuselage, à l'arrière du moteur, sans que les vibrations intenses de celui-ci troublent son fonctionnement.

Le montage a été fait sur un monoplan Gourdou-Leseurre, à moteur



de 180 ch, de façon à enregistrer la composante de l'accélération normale au plan de l'aile. Un style commandé par le manche inscrivait sur le même cylindre enregistreur les déplacements du gouvernail de profondeur.

La figure reproduit un des enregistrements obtenus au cours d'une série de manœuvres : loopings, renversements, ressources. Cet enregistrement permet d'abord de se rendre compte, par la comparaison des tracés fournis par les deux plumes, de la façon dont un avion réagit quand on déplace le gouvernail de profondeur. Il est évidemment possible d'étudier de la même manière l'action des deux autres gouvernes : gauchissement et gouvernail de direction.

L'examen de la courbe des accélérations montre en outre qu'au cours de cette expérience, la composante de l'accélération normale à la trajectoire a atteint un maximum de 55 m:sec^2. La voilure supportait donc à ce moment un effort égal à 5 fois et demie le poids de l'avion.

Il est bon de noter que les manœuvres effectuées pendant cette expérience ont été exécutées très prudemment et qu'en réalité les efforts enregistrés ne représentent pas le maximum de ce qu'on peut obtenir au cours d'acrobaties brutales. Un autre tracé révèle en effet une accélération égale à 6 fois et demie celle de la pesanteur au début d'une ressource.

Nous avons cinématographié en même temps les manœuvres de l'avion dans l'intention de construire sa trajectoire et de comparer les accélérations qui peuvent s'en déduire avec celles données par les tracés de l'accéléro-

graphe. Mais les manœuvres enregistrées n'ont pas eu lieu dans un plan parallèle à celui du film et les vues obtenues ne se prêtent pas à une restitution de la trajectoire.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les déviations de la poussée du vent, sur un cylindre, produites par une lame d'air jaillissant tangentiellement à la surface de ce corps.* Note de M. **A. Lafay**, présentée par M. M. Hamy.

Dans une précédente Note (¹), j'ai fait connaître la possibilité d'obtenir des modifications de sillage, analogues à celles qui accompagnent le phénomène de Magnus, en faisant jaillir de la surface d'un cylindre, maintenu immobile, des lames d'air de faible épaisseur, animées d'une assez grande vitesse.

Cet intéressant résultat m'a naturellement conduit à entreprendre l'étude directe de la poussée du vent sur un cylindre muni d'une seule lame. Dans ce cas évidemment le plus simple, j'ai constaté que cette force éprouve des déviations dont la grandeur et le sens varient avec la position et la vitesse de la lame.

En considérant comme négative la déviation indiquée par l'application de la règle de Magnus à un cylindre tournant, dont la vitesse périphérique aurait même direction que le jet d'air qui constitue la lame, mes observations peuvent se résumer comme il suit :

1° La poussée est déviée négativement lorsque la lame se trouve au delà de l'origine du sillage et le maximum absolu de l'effet a lieu quand sa distance angulaire à la génératrice, directement frappée par le vent, est comprise entre 90 et 100°.

2° La déviation est au contraire positive, lorsque la lame n'a pas une grande vitesse et jaillit entre l'avant du cylindre et le début du sillage; la position correspondant au maximum est alors à 50° de la génératrice antérieure.

Mais, dans ce cas, *on obtient à volonté une déviation négative en augmentant suffisamment la vitesse du jet lamellaire.*

Mes recherches antérieures (²) ont établi qu'un cylindre bien lisse, animé d'une vitesse de rotation modérée, subit dans le vent une poussée qui est déviée positivement, c'est-à-dire du côté opposé à celui qui caractérise le

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1197.

(²) *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 867.

phénomène de Magnus. Cette singularité, que je crois avoir été le premier à observer, disparaît d'ailleurs, pour faire place à la déviation négative habituelle, dès que l'on communique au cylindre une vitesse de rotation suffisante.

Le fait de retrouver cet *effet d'inversion*, dans le cas des déviations produites par l'influence d'une simple lame, me paraît présenter un grand intérêt et permettra probablement, par les rapprochements qu'il suggère, de découvrir le mécanisme de ces curieux phénomènes.

Les expériences qui m'ont conduit aux résultats généraux que je viens d'indiquer ont été exécutées avec un cylindre de 8^{cm} de diamètre sur 42^{cm} de haut, placé dans le vent d'une soufflerie de $70^{cm} \times 70^{cm}$ de section.

De l'air, dont la pression p est maintenue constante à l'aide d'un soufflet d'orgue convenablement chargé, est amené à l'intérieur du cylindre par une canalisation en caoutchouc et s'en échappe, sous forme de lame de $\frac{2}{10}$ ou de $\frac{4}{10}$ de millimètre, par une ouverture pratiquée le long d'une génératrice.

Le tableau suivant permet d'acquérir une vue d'ensemble sur les phénomènes observés; il se rapporte à la lame de $\frac{4}{10}$ qui m'a donné des résultats de même ordre, mais plus réguliers que celle de $\frac{2}{10}$.

V	12m,8.			10m.	
p	40mm.	80mm.	110mm.	40mm.	110mm.
$\alpha =$ 0	−2	−3	−4	−2	−10
20	+1	−4	−10	−1	−15
40	+8	+3	−5	+2	−11
50	+17	+9	+3	+10	−4
60	+16	+6	−1	+9	−9
70	+8	−1	−7	−4	−21
80	−3	−9	−15	−7	−22
90	−12	−18	−23	−9	−23
φ 100	−15	−22	−25	−8	−20
110	−7	−9	−16	−3	−14
120	−2	−6	−9	−2	−8
140	−1	−4	−5	−1	−4
160	−2	−3	−5	−2	−4
180	−2	−4	−6	−3	−5
210	−3	−7	−8	−6	−12
240	−3	−7	−8	−5	−8
270	−2	−6	−7	−6	−9

Chaque position de la lame est indiquée par l'angle α qui la sépare de la

génératrice antérieure, compté positivement dans le sens même du jet d'air. Conformément à la convention faite plus haut, c'est le même sens positif qui a été adopté pour les angles φ qui donnent l'inclinaison de la poussée par rapport à la vitesse V du vent de la soufflerie.

Les pressions p sont évaluées en millimètres d'eau et les vitesses V en mètres par seconde.

Enfin, j'ai également observé le phénomène de l'inversion avec des cylindres munis de deux et trois lames, mais les expériences correspondantes, naturellement plus complexes, ne me paraissent pas encore assez avancées pour faire l'objet d'un exposé détaillé.

PHYSIQUE CÉLESTE. — *L'entraînement de l'éther et l'aberration des étoiles.* Note (¹) de M. F. **Zerner**, présentée par M. Émile Borel.

M. Metz (²) a montré que l'hypothèse de l'entraînement en bloc de l'éther est incompatible avec l'aberration des étoiles. Mais il n'en est pas de même de l'entraînement progressif. C'est Stokes qui a démontré que les observations faites sur l'aberration sont compatibles avec l'hypothèse de l'entraînement de l'éther, quand les vitesses de l'éther admettent un potentiel (³).

Mais Stokes regardait l'éther en même temps comme fluide incompressible. Et l'entraînement total de l'éther est incompatible avec l'existence d'un potentiel de vitesse, comme l'a montré M. H.-A. Lorentz, *loc. cit.* Cette difficulté fut levée par M. Planck, qui (1899) a démontré qu'un éther compressible et soumis à la gravitation peut être entraîné totalement. M. H.-A. Lorentz a objecté à cette hypothèse qu'il est invraisemblable qu'un tel changement de la densité de l'éther ne soit pas accompagné d'un changement de la vitesse de la lumière.

Or comme M. Silberstein l'a fait remarquer, la déviation des rayons au voisinage du Soleil peut être regardée comme un effet de cette condensation de l'éther par le Soleil (⁴). Partant de cette hypothèse, nous pouvons calcu-

(¹) Séance du 25 mai 1925.

(²) A. Metz, *L'entraînement de l'éther et l'aberration des étoiles* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 495).

(³) Stokes. *Math. and phys. papers*, **1**, Cambridge, 1880, p. 134, et les Mémoires XIV-XX dans H. A. Lorentz, *Ges. Abhandlungen über theoretische Physik*, Leipzig, 1906.

(⁴) L. Silberstein, *The recent eclipse results and Stokes-Planck's aether* (*Phil. Mag.*, **39**, 1920, p. 161).

ler l'indice de réfraction μ de l'éther des déviations observées ζ par la formule

$$\zeta = -2\int_1^{\mu_a} \frac{a}{\pi} \frac{\mu_a d\mu}{\mu\sqrt{\mu^2 - \frac{a^2}{\pi^2}\mu_a^2}},$$

la distance où μ est encore influencé sensiblement par la gravitation étant petite vis-à-vis de la distance Terre-Soleil (a désigne la distance la plus proche de la raie du centre du Soleil). Autrement la formule se compliquerait, c'est ce qui aurait lieu dans le cas où les observations confirmeraient la « réfraction cosmique » indiquée par M. Courvoisier. Ainsi la théorie de Stokes-Planck se trouve d'accord avec tous les phénomènes connus.

On pourrait objecter encore que les théories modernes repoussent les analogies mécaniques et rapprochent au contraire l'optique de l'électrodynamique. Mais il est évident que la théorie de Stokes-Planck peut être adaptée à ce point de vue aussi bien que la théorie de Fresnel le fut, c'est ce qui sera traité en détail dans une analyse plus profonde des problèmes développés ici.

Comme l'entraînement de l'éther est l'effet de la gravitation et non pas du frottement, il ne résulte rien de ces considérations sur l'entraînement de l'éther par le mouvement rotatoire des corps célestes. Malheureusement l'aberration quotidienne n'a pu jusqu'à maintenant être étudiée assez exactement pour nous dire quelque chose sur ce problème. M. H.-A. Lorentz a étudié dans ce but la déviation qu'une raie lumineuse subit, qui se meut dans le plan équatorial d'un corps céleste

$$\zeta = -\frac{2}{c}\int_{-\infty}^{+\infty}\left(w + \frac{dw}{dr}\cdot\frac{r}{2}\right)ds,$$

où w désigne la vitesse de rotation de l'éther, ds l'élément de rayon lumineux. En comparant ce résultat avec les observations que M. Struve a faites pendant l'occultation de l'étoile B. D. — 6°, 6191 par Jupiter il n'avait pas pu trouver un tel effet. Mais comme de telles observations ne sont pas assez précises pour décider cette question, M. A.-A. Michelson a imaginé une expérience pour révéler l'entraînement de l'éther par la rotation de la Terre ; je ne sais si elle a été exécutée (1).

(1) C'est seulement en lisant les épreuves que j'ai lu la Note de M. Michelson parue dans *Nature* le 18 avril 1925, 115, p. 566. Il y publie le résultat que la rotation de la Terre n'influence pas la propagation de la lumière. Néanmoins les

Cependant comme la gravitation joue un rôle décisif dans l'entraînement de l'éther il se pourrait bien que, même si ni la Terre, ni Jupiter n'entraînaient l'éther dans leur rotation, il fût entraîné par la rotation du Soleil. C'est ce qui devrait paraître dans les déviations des étoiles sur les plaques prises pendant une éclipse de Soleil. Ces déviations alors se décomposeraient en des déviations radiales résultant de l'influence de la gravitation sur la vitesse de la lumière et des déviations provenant de la rotation de l'éther dont la moyenne est parallèle à l'équateur du Soleil. Quand on cherche cette moyenne pour les plaques que MM. Campbell et Trumpler ont prises de l'éclipse du 21 septembre 1922 (les meilleures qu'on ait obtenues jusqu'ici) en prenant les moyennes des différences entre les déviations observées et les déviations radiales obtenues par la méthode de compensation des erreurs, on arrive aux résultats suivants : pour les 11 étoiles, qui ont reçu pour le calcul un poids plus grand que 1 et une distance plus petite que l'unité de mesure (égale pour ces plaques à $1°15'8''$ ou 2,35 diamètres du Soleil),

$\Delta^2 x$ (composante en ascension droite de la moyenne)....... $0'',04$
$\Delta^2 y$ (composante en déclinaison de la moyenne)........... $-0'',035$

Pour les 10 étoiles ayant même poids mais une distance comprise entre 1 et 1,3,

$$\overline{\Delta^2 x} = 0'',018, \qquad \overline{\Delta^2 y} = 0'',008;$$

pour toutes ces 21 étoiles,

$$\overline{\Delta^2 x} = 0'',03, \qquad \overline{\Delta^2 y} = -0'',0135.$$

L'équateur du Soleil observant à peu près l'équation $y = -0,48x$, la direction de la moyenne tirée des 11 étoiles diffère de la direction de l'équateur de 15° vers le Sud, celle tirée des 10 étoiles de 50° vers le Nord, celle tirée de l'ensemble des 21 étoiles coïncide avec la direction de l'équateur.

Le sens de cette direction indiquerait que la vitesse de rotation de l'éther décroît dans ces régions plus lentement que $\frac{1}{r^2}$. Naturellement on ne peut

---

recherches suggérées ci-dessus me semblent garder leur intérêt, parce qu'elles serviraient non seulement à contrôler un résultat d'une telle importance par une nouvelle méthode, mais aussi à l'étendre en transférant l'investigation de la Terre au Soleil, dont l'attraction est de 300 000 fois plus forte que celle de la Terre.

pas tirer de ces résultats la conclusion certaine que l'éther est entraîné par le Soleil dans sa rotation. Mais il en ressort la nécessité de multiplier de telles observations dont nous pourrons tirer des conclusions plus sûres à ce sujet.

On peut ajouter l'hypothèse vraisemblable que l'influence de la gravitation sur la vitesse de la lumière est paralysée partiellement par la force centrifuge résultant de la rotation de l'éther. Alors on devrait observer une différence entre les déviations des raies passant par le plan équatorial et de celles passant par l'axe de rotation. Une telle différence est effectivement montrée par les plaques de Campbell et Trumpler qui donnent 1″,61 et 1″,68 aux quadrants contenant l'équateur, 1″,76 et 1″,73 aux quadrants contenant les pôles du Soleil. Naturellement ce phénomène est également trop minime pour être constaté par l'observation d'une seule éclipse.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Tempel II (1925 d, Stobbe), faites à l'Observatoire de Besançon, avec l'équatorial coudé de* $0^m,33$ *d'ouverture.* Note de M. **P. Chofardet**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates 1925.	Temps moyen de Besançon.	Δ $\mathcal{AR}$.	Δ $\mathcal{DP}$.	Nombre de compar.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
15 juin..	23.28.39	−2.23,39	+3.38,4	9 : 12	18.25.13,20	$9,146_n$	90.23.46,7	$0,813_n$	1
16 » ..	22.27.31	−1.55,08	+2.29,4	9 : 12	18.25.37,43	$9,361_n$	90.34.31,4	$0,814_n$	2
18 » ..	22.45. 7	+1. 1,54	+8.50,8	9 : 8	18.26.26,86	$9,285_n$	90.59.32,9	$0,817_n$	3
19 » ..	22.38.37	+1.10,83	+2. 3,6	9 : 8	18.26.50,97	$9,295_n$	91.13.22,5	$0,813_n$	4

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★	Gr.	$\mathcal{AR}$ 1925,0.	Réduction au jour.	$\mathcal{DP}$ 1925,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1......	8,5	18.27.34,73	+1.86	90.20.13,9	−5,6	A. G. Nicolajew 4607
2......	7,0	18.27.30,63	+1.88	90.32. 7,8	−5,8	» 4605
3......	8,8	18.25.23,41	+1,91	90.50.48,1	−6,0	» 4591
4......	8,4	18.25.38.22	+1,92	91.11.25,1	−6,2	« 4593

Remarques. — Le 19 juin 1925, la comète périodique Tempel II nous apparaît, de 12ᵉ grandeur, sous la forme d'une nébulosité ronde, ayant au plus 30″ de diamètre, avec un petit noyau central assez brillant.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Tempel II (1925 d) faites à l'équatorial de $0^m,49$ de l'Observatoire de Strasbourg.* Note de M. G. Rougier.

Dates. 1925.	T. C. de Greenwich.	Δα.	ΔP.	Nombre de compar.	α 1925,0.	Log. fact. parallaxe.	P 1925,0.	Log. fact parallaxe.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″	
Juin 16......	1.31.51	—2.17,34	— 7. 4,3	20 : 5	18.25.13,29	9,088	90.25. 3,5	$0,820_n$
»	22.33.26	—1.54,69	+ 2.44,1	20 : 5	18.25.35,94	$9,228_n$	90.34.51,9	$0,824_n$

Étoiles de comparaison.

Mag.	α 1925,0.	P 1925,0.	Autorités.
	h m s	° ′ ″	
7,0	18.27.30,63	90.32.7,8	A. G. Nicolaiew 4.605

Remarques. — Le ciel était très pur dans la nuit du 15 au 16 juin; par contre, légèrement brumeux dans la soirée du 16.

La comète présente un noyau de magnitude 11,5; il est entouré d'une nébulosité dissymétrique d'environ 2′, plus étendue dans l'angle de position 340°. La nébulosité entourant le noyau était à peine perceptible dans la soirée du 16.

CALORIMÉTRIE. — *Chaleurs de dissolution et chaleurs de réactions incomplètes.* Note de Mlle Bérenger et de M. A. Tian, présentée par M. Jean Perrin.

Lorsqu'une réaction chimique est réalisée en présence d'un solvant S, on sait que la chaleur de réaction X entre corps non dissous — chaleur importante à connaître parce qu'elle est indépendante du corps auxiliaire S — est donnée par l'égalité

$$X = Q + Q_1 - Q_2,$$

Q étant la chaleur dégagée dans l'expérience thermochimique, Q_1 la chaleur de dissolution de l'ensemble des corps réagissants (système 1), Q_2 la chaleur de dissolution de l'ensemble des corps formés (système 2), l'un et l'autre de ces systèmes pouvant comprendre d'ailleurs des corps insolubles dans S.

Dans la thermochimie des réactions complètes, la mesure des quantités Q_1 et Q_2 ne comporte aucune difficulté. Il en est de même pour une réaction incomplète, mais susceptible d'être étudiée calorimétriquement en solution étendue; dans ce cas, on peut admettre en effet que Q_1 et Q_2 sont

respectivement données (en tenant compte seulement des masses ayant réagi) par les sommes algébriques des chaleurs de dissolution de chacun des composants des systèmes 1 et 2 dans un grand volume du solvant S.

Le problème est tout autre si une réaction incomplète doit être réalisée en milieu non dilué, fait qui peut se présenter, notamment en Chimie organique. En effet si la réaction a une faible thermicité et une petite vitesse, des mesures thermochimiques précises ne peuvent se faire qu'en solution assez concentrée. Si en outre la transformation envisagée est réversible, ou si même sa lenteur n'en permet pas l'achèvement au cours de l'expérience thermochimique, la réaction sera incomplète. L'étude des chaleurs d'éthérification nous a montré toute la difficulté du problème.

Théoriquement, la quantité cherchée X est encore donnée par l'équation précédente mais dans laquelle Q_1 désigne la chaleur de dissolution dans un nouveau liquide S′ non pas de tout le système 1, mais seulement de la fraction α qui a effectivement réagi dans l'expérience thermochimique. Le liquide S′ se prépare en dissolvant la fraction $(1-\alpha)$ du système 1 dans le volume du solvant S utilisé dans cette expérience. De même Q_2 désigne la chaleur de dissolution dans le même liquide complexe S′ de la fraction α du système 2.

Pratiquement, la détermination des quantités Q_1 et Q_2 peut paraître impossible puisque les corps dissous dans S′ vont aussitôt réagir avec effet thermique et que, d'ailleurs, le nouveau solvant S′ (qui contient lui-même des réactifs en solution) va spontanément se transformer. Toutefois des mesures approchées de Q_1 et Q_2 sont possibles dans les deux cas suivants qui, en fait, se présentent souvent :

1° *La réaction est purement catalytique; le catalyseur n'est pas en solution concentrée* [1]. — Soit une réaction de vitesse nulle ou à peu près, en l'absence de catalyseur. Le liquide S′ ne subira aucune action chimique. D'autre part, l'addition du catalyseur à une faible concentration (celle même de l'expérience thermochimique) ne doit pas modifier les chaleurs de dissolution des réactifs que l'on aura à dissoudre dans S′. Ce fait peut d'ailleurs se vérifier pour chaque substance prise *isolément* et il est alors extrêmement probable, et c'est ce que nous admettrons, que la chaleur globale de dissolution dans S′ de la fraction α du système 1 est la même, que ce liquide soit additionné ou non du catalyseur. On pourra donc

(1) Le catalyseur peut, par exemple, être insoluble.

mesurer Q_1 en utilisant le volume convenable de S′ en l'absence de catalyseur.

On mesurera de même Q_2, relative aux corps formés, en prenant comme solvant S′ privé de catalyseur.

2° *La réaction est très lente.* — On admet que la réaction puisse être aidée par un catalyseur quelconque à condition que sa vitesse soit restée, dans l'expérience calorimétrique, bien inférieure aux vitesses de dissolution des réactifs. Si un catalyseur est ainsi utilisé, on le supposera toujours ajouté préalablement au solvant, avec la même concentration : le liquide S désignera, dans ce qui suit, la solution obtenue.

On effectuera les déterminations suivantes :

A. Chaleur dégagée pendant la transformation d'une fraction α (bien mesurable par une analyse) du système 1 lorsque *tout* ce système est mis en présence du solvant S. Pour cette mesure d'assez longue durée, quelques heures par exemple, un calorimètre intégrateur est nécessaire.

B. Chaleurs de dissolution *apparentes* Q'_1 et Q'_2 au sein du liquide S′. Ici un calorimètre ordinaire peut théoriquement suffire, mais il faut pouvoir mesurer avec précision (car X est souvent de l'ordre de grandeur des chaleurs de dissolution) des effets thermiques généralement petits.

C. Chaleurs q_1 et q_2 d'origine chimique dégagées pendant les dissolutions. Ces corrections retranchées, avec leurs signes, des chaleurs apparentes Q'_1 et Q'_2 donneront les chaleurs vraies Q_1 et Q_2. L'évaluation de q_1 et q_2 exige, comme la première mesure, l'emploi d'un appareil susceptible de déterminer de faibles débits calorifiques. Les mesures seront faites en suivant pendant un temps convenable le système obtenu après chaque dissolution (expériences B). Ce temps devra être long par rapport à la durée (quelques minutes) des dissolutions. On aura ainsi, par une petite extrapolation portant sur cette durée, les corrections cherchées. Les déterminations des quantités Q'_1 et Q'_2, suivies elles-mêmes de celles de q_1 et q_2, devront être faites peu de temps après la préparation du liquide S′ pour que, dans l'intervalle, S′ ne puisse s'altérer sensiblement.

Le microcalorimètre à compensation par effet Peltier, dont le principe a été déjà donné (¹), permet de réaliser les trois sortes de mesures. En fonctionnant comme intégrateur et comme mesureur de débit calorifique, il fournit respectivement les valeurs de Q et des corrections de q_1 et q_2; d'autre part, en consacrant à l'effet Peltier la série la plus nombreuse de

(¹) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 705.

thermocouples (l'autre série reliée au galvanomètre servant à détecter les variations thermiques), on rend possible l'absorption en quelques minutes de quantités de chaleur relativement grandes (quelques calories-grammes) et l'on peut, avec le même appareil, mesurer les chaleurs apparentes de dissolution. Les mesures ainsi faites, *toutes micrométriques*, se font sur de minimes quantités de réactif, ce qui n'est pas sans présenter un réel intérêt pratique.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les harmoniques d'oscillateurs à ondes très courtes.* Note (¹) de MM. C. **Gutton** et E. **Pierret**, présentée par M. G. Ferrié.

Pour les ondes très courtes, les dimensions des oscillateurs à lampes deviennent si petites qu'il a jusqu'ici été impossible d'obtenir des longueurs d'ondes inférieures à $1^m,50$ (²) et $1^m,20$ (³). Barkhausen (⁴), par un procédé différent, a observé des ondes plus courtes, mais elles ne mettent en jeu que de très faibles puissances.

Nous nous sommes donc proposé d'étudier et d'isoler les harmoniques des oscillateurs à très haute fréquence, en vue de tenter par la suite leur amplification.

Pour mesurer ces harmoniques, nous couplons l'oscillateur à une ligne formée de deux fils parallèles réunis à leur origine par une soudure thermo-électrique fer-constantan, que l'on relie à un galvanomètre cuirassé de Rubens; le long de cette ligne, nous faisons glisser un pont constitué par une lame de cuivre rectangulaire à travers laquelle passent les fils.

Lorsque la distance du pont à l'origine de la ligne est un multiple de l'une des demi-longueurs d'ondes de l'oscillateur, l'oscillation correspondante est en résonance et le galvanomètre dévie. Les positions de résonance du pont se déterminent avec une précision inférieure au millimètre.

L'oscillateur étant peu couplé à la ligne, nous déterminons d'abord la longueur d'onde fondamentale, puis, utilisant, s'il est nécessaire, un couplage plus serré, nous recherchons les positions de résonance du pont qui correspondent à l'une des oscillations harmoniques.

Nous avons étudié plusieurs oscillateurs de modèles différents, afin de

(¹) Séance du 8 juin 1925.

(²) Gutton et Touly, *Comptes rendus*, 168, 1910, p. 271.

(³) Mesny, *Onde électrique*, nº 25, janvier 1924, p. 25; nº 26, février 1924, p. 99.

(⁴) Barkhausen, *Phys. Zeitsch.*, nº 1, janvier 1920, p. 1.

déterminer les conditions dans lesquelles les harmoniques sont les plus intenses.

Un oscillateur à une lampe, du modèle indiqué par Gutton et Touly, et réglé au maximum de puissance, nous a donné un harmonique 2 très faible, mais la production d'oscillations d'ordre supérieur est favorisée lorsqu'on augmente beaucoup la stabilité de l'oscillation. Une augmentation de la longueur du fil de plaque rend, en effet, cet harmonique beaucoup plus intense : la déviation du galvanomètre correspondant au courant de résonance passe de 2 à 3^{mm} à 25^{mm}. Un couplage entre les fils de grille et de plaque, qui fait croître la stabilité, une augmentation de la tension de grille, qui amène le point de fonctionnement initial dans une région courbée de la caractéristique, favorise aussi la production des harmoniques.

Avec une tension de grille de $+40$ volts, un oscillateur de longueur d'onde fondamentale, 216^{cm}, nous a donné nettement les harmoniques 2, 3 et 4; ce dernier particulièrement intense correspondait à une onde de 64^{cm}.

Les oscillateurs à deux lampes en parallèle donnent des harmoniques encore plus intenses lorsque les lampes ne sont pas montées symétriquement, les fils qui réunissent les plaques et les grilles au circuit oscillant ayant des longueurs différentes. Un tel oscillateur, de longueur d'onde fondamentale 330^{cm}, donnait les harmoniques jusqu'au septième, la longueur d'onde de celui-ci était 47^{cm}. Les harmoniques 2 et 3 ont pu être décelés pour un faible couplage de l'oscillateur à la ligne. On peut alors, sans modifier ce couplage et sans échauffement exagéré de la soudure, mesurer l'intensité du courant de résonance du fondamental et de ces harmoniques; nous avons trouvé que les harmoniques 2 et 3 produisaient des courants d'intensité efficace environ $\frac{1}{5}$ et $\frac{1}{6}$ de l'intensité du courant de résonance du fondamental.

Nous avons ensuite étudié un oscillateur à deux lampes en série du modèle utilisé par Mesny; il donnait les harmoniques 2, 3 et 4, l'harmonique 3 étant le plus intense.

En vue d'obtenir des oscillations fondamentales plus courtes, nous avons un peu modifié l'oscillateur Mesny. Dans ce dernier, l'induction mutuelle créée par le couplage des fils de grille et de plaque a le sens qui, pour les ondes longues, correspond au rapport de phase des variations de tensions de plaque et de grille nécessaire à l'entretien, mais provoque une augmentation de la période.

Si les ondes sont très courtes, le couplage par la capacité des lampes est

plus que suffisant; nous avons donc inversé le sens de l'induction mutuelle et constaté que pour un couplage convenable des fils de grille et de plaque, l'induction mutuelle diminue assez la longueur d'onde pour que l'entretien des oscillations reste possible.

On obtient ainsi, pour les mêmes longueurs de fils, des oscillations fondamentales plus courtes et nous avons pu réaliser facilement des ondes de 136^{cm} de longueur; l'harmonique 3 de cet oscillateur, particulièrement intense, avait une longueur d'onde de $45^{cm},4$, avec une intensité efficace de l'ordre du dixième d'ampère.

Un oscillateur du même modèle, ayant une longueur d'onde fondamentale de 176^{cm}, nous a permis de mesurer un harmonique 5, correspondant à une onde de 35^{cm}.

Au cours de tous ces essais, nous avons observé des résonances qui paraissent dues à des harmoniques plus élevés et à des longueurs d'ondes plus courtes que celles que nous avons signalées, mais il arrive alors que la détermination de l'ordre de l'harmonique manque de sûreté, car les positions du pont qui correspondent aux divers harmoniques d'ordre élevé deviennent extrêmement voisines, de sorte que les courants de résonance de plusieurs oscillations se superposent.

MAGNÉTISME. — *Le diamagnétisme des substances nématiques.* Note de MM. G. **Foex** et L. **Royer**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons mesuré le coefficient d'aimantation du para-azoxyanisol et de l'anisaldazine à différentes températures. Ces substances se trouvaient exemptes d'impuretés paramagnétiques, comme le montre la constance du coefficient d'aimantation de la substance à l'état liquide.

Les mesures ont été effectuées à deux ou trois millièmes près dans un champ de 8000 gauss environ. Les températures ont été repérées à quelques dixièmes de degrés près.

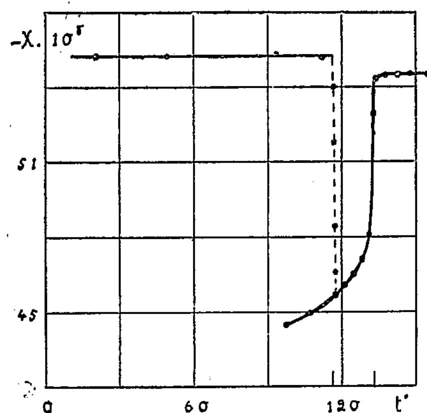
Les résultats relatifs à l'azoxyanisol sont représentés par la courbe ci-contre obtenue en portant en abscisses les températures et en ordonnées les coefficients d'aimantation.

L'anisaldazine a donné des résultats analogues.

La phase solide, à l'état de poudre fine isotrope par compensation, possède un coefficient d'aimantation indépendant de la température.

A 116°, au moment du passage à l'état nématique, le coefficient d'aimantation varie de façon discontinue : il diminue de plus de 17 pour 100 en valeur relative à température constante. Cette diminution résulte vraisemblablement de l'orientation des molécules par le champ magnétique.

La phase nématique (116°-134°) possède un coefficient d'aimantation fortement variable avec la température, tendant à reprendre, lorsque la température monte, la valeur qui caractérise l'état isotrope.



A l'état liquide le coefficient d'aimantation reste constant. En faisant décroître la température, on peut maintenir la substance à l'état nématique jusque vers 95° et prolonger ainsi la courbe de variation du diamagnétisme.

A chaque retour à l'état solide, on trouve une valeur différente du coefficient d'aimantation; nous attribuons ce fait à ce que la condition d'isotropie moyenne par répartition uniforme des petits cristaux qui composent la substance, ne se trouve pas réalisée de façon parfaite. La répartition change à chaque cristallisation.

La différence entre le coefficient d'aimantation de la phase liquide et le plus petit coefficient d'aimantation observé sur la phase nématique dépasse 18 pour 100 de la valeur du premier de ces coefficients.

OPTIQUE. — *Sur le calcul classique de l'expérience de Michelson dans l'hypothèse d'un éther immobile.* Note de M. A. **Dufour**, présentée par M. Villard.

Je vais montrer, dans la présente Note, que les conséquences qu'on peut tirer du calcul donné en 1887 par Michelson et Morley (¹), et devenu classique depuis cette époque, pour l'interprétation de leur célèbre expérience, n'ont pas de rapport avec l'expérience réelle, et que le résultat négatif des observations n'est pas inconciliable avec l'hypothèse d'un éther immobile.

Je rappellerai d'abord les résultats de ce calcul classique, dont les éléments sont donnés par la figure I. S et O désignent respectivement la source et l'observateur, M et P sont les deux miroirs situés à égale distance l de la glace séparatrice G, v est la vitesse d'entraînement par la terre, c la vitesse de la lumière. On considère la durée des trajets de la lumière qui, partie du point A de la glace séparatrice, s'est réfléchie sur M ou sur P ; dans cette figure les miroirs M et P sont représentés dans leurs positions relatives au point A source. On sait qu'on trouve les durées de parcours suivantes :

Par le miroir M, $T_M = \frac{2lc}{c^2 - v^2}$ ou approximativement $T_M = \frac{2l}{c}\left[1 + \frac{v^2}{c^2}\right]$;

» P, $T_P = \frac{2l}{\sqrt{c^2 - v^2}}$ » $T_P = \frac{2l}{c}\sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}}$.

Par rotation d'un angle droit de l'interféromètre, les deux valeurs s'échangent et il doit en résulter un déplacement des franges.

Or ce calcul, basé sur une approximation incorrecte (²), n'a aucun rapport avec l'expérience, car il applique une méthode défectueuse. En effet l'observateur ne s'occupe pas de ce qui part de la source; pour lui n'a d'importance que ce qu'il voit au point B et qui est déterminé par la lumière qui arrive à l'instant considéré à ce point B. Par conséquent le calcul de l'expérience doit être basé non sur la considération de ce qui part de la source au même instant, comme le fait la théorie classique, mais sur la considération des actions lumineuses qui arrivent au même moment au point B considéré de la glace séparatrice.

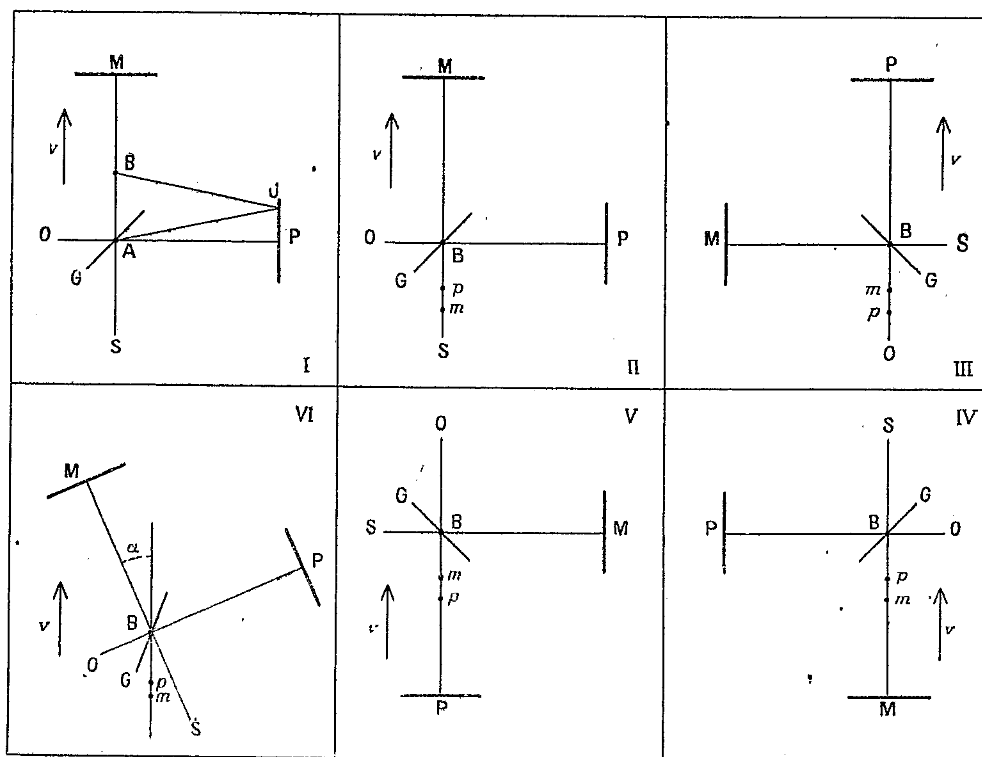
Pour appliquer cette nouvelle manière de faire, je me placerai dans les mêmes conditions que la méthode classique : miroirs à normales rectangulaires, glace séparatrice à 45° à égale distance des miroirs, la source étant

(¹) Michelson et Morley, *American Journal of Science*, 34, 1887, p. 333.

(²) On trouvera à la page 336 (lignes 7 à 10) du Mémoire de Michelson et Morley (*loc. cit.*) la cause de l'inexactitude de ce calcul classique.

supposée réduite à un point de cette glace, hypothèses parfaitement licites.

1° *Cas des positions principales.* — Ces positions principales sont celles pour lesquelles l'une des normales aux miroirs M, P est parallèle à la vitesse d'entraînement v; ce sont justement les positions considérées par le calcul classique précédent.



La lumière qui arrive à un instant donné au point B de réception sur la glace séparatrice, par les deux chemins M et P, n'est pas partie d'une même position de la source, mais de deux positions distinctes, m pour le trajet M, p pour l'autre parcours P, toutes deux antérieures à la position B. Cela n'exclut pas la possibilité d'interférences.

Un calcul simple, respectant la loi du minimum de durée de parcours, montre que les positions m et p sont ainsi définies : pour le miroir dont la normale est parallèle à v, la distance de la position utile de la source au point B est donnée par $\frac{2lcv}{c^2-v^2}$; pour le miroir dont la normale est perpendiculaire à v, cette valeur devient $\frac{2lv}{\sqrt{c^2-v^2}}$.

Si l'on fait alors le dessin de l'interféromètre dans les quatre positions principales (*fig.* II, III, IV et V, les miroirs étant représentés cette fois dans leurs positions relatives au point B) et si l'on marque, sur la trajectoire suivie par la source, les places efficaces de la source pour le point d'arrivée B, on constate, sans calcul et de toute évidence, que les trois points B, m, p (abstraction faite des lettres qui les désignent), sont exactement aux mêmes places pour les quatre positions principales.

Or le phénomène lumineux observé au point B à un instant déterminé, résulte de la combinaison des actions lumineuses qui y parviennent justement à cet instant, et comme, dans les quatre positions, ce sont les mêmes points de la trajectoire de la source qui les fournissent, l'observateur ne peut évidemment constater aucune modification de l'aspect lumineux du point B. L'effet du second ordre prévu par la théorie classique est donc en réalité, théoriquement inexistant pour ces positions particulières.

2° *Cas général, rotation de l'interféromètre.* — Dans le cas général (*fig.* VI) on trouve que

$$\overline{Bm} = \frac{2 l v \sqrt{c^2 - v^2 \sin^2 \alpha}}{c^2 - v^2}, \qquad \overline{Bp} = \frac{2 l v \sqrt{c^2 - v^2 \cos^2 \alpha}}{c^2 - v^2},$$

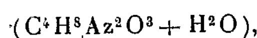
si α est l'angle fait par la normale au miroir M avec la vitesse v.

Les calculs seront donnés autre part; ils conduisent à la conclusion que les variations du phénomène lumineux résultant en B ne font intervenir qu'un terme du quatrième ordre par rapport au quotient $\frac{v}{c}$, trop faible pour pouvoir être constaté expérimentalement.

En résumé, dans l'hypothèse d'un éther immobile, l'apparence des franges dans l'expérience de Michelson, pour l'interféromètre à miroirs à normales rectangulaires et à bras égaux, doit théoriquement rester invariable pour l'observateur terrestre qui les observe. L'expérience est d'accord avec cette conclusion. Par conséquent, contrairement à l'opinion classique admise jusqu'à présent, le résultat négatif de l'expérience de Michelson, obtenu dans les conditions ci-dessus, ne constitue pas une objection à la conception d'un éther immobile.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Sur la variation du pouvoir rotatoire des solutions d'asparagine en fonction de leur concentration en ions hydrogène.* Note de M[lle] **J. Liquier**, présentée par M. A. Cotton.

Les acides aminés et leurs sels sont particulièrement intéressants du fait qu'ils sont ampholytes, c'est-à-dire que l'on peut s'attendre à avoir en présence, en proportions variables suivant le degré d'acidité, la molécule non dissociée et les deux ions, positif et négatif, qu'elle peut fournir. Nous avons examiné en particulier les pouvoirs rotatoires d'une solution d'asparagine



$$(C^4H^8Az^2O^3 + H^2O),$$

dont on faisait varier le P_H par addition d'acides ou de bases.

Le tableau suivant résume les mesures relatives à une solution d'asparagine de concentration égale à $12^g,5$ par litre. Les P_H sont mesurés électrométriquement, à l'aide d'une électrode à hydrogène et d'un demi-élément au calomel et à KCl normal; on détermine les pouvoirs rotatoires spécifiques pour les radiations $\lambda_1 = 0^\mu,578$; $\lambda_2 = 0^\mu,546$; $\lambda_3 = 0^\mu,436$ de l'arc au mercure.

	[α].		
P_H.	λ_1.	λ_2.	λ_3.
1,29	+19,41	+21,96	+38,82
1,46	+17,45	+20,20	+35,88
1,60	+15,30	+17,84	+30,78
1,97	+ 9,02	+10,40	+21,76
2,38	+ 3,53	+ 4,31	+ 8,04
3	— 0,78	— 0,98	0
7,32	— 6,27	— 7,06	—11,30
8,85	— 6,66	— 7,84	—11,96
9,51	— 7,25	— 8,40	—13,72
9,91	— 7,64	— 8,62	—14,31

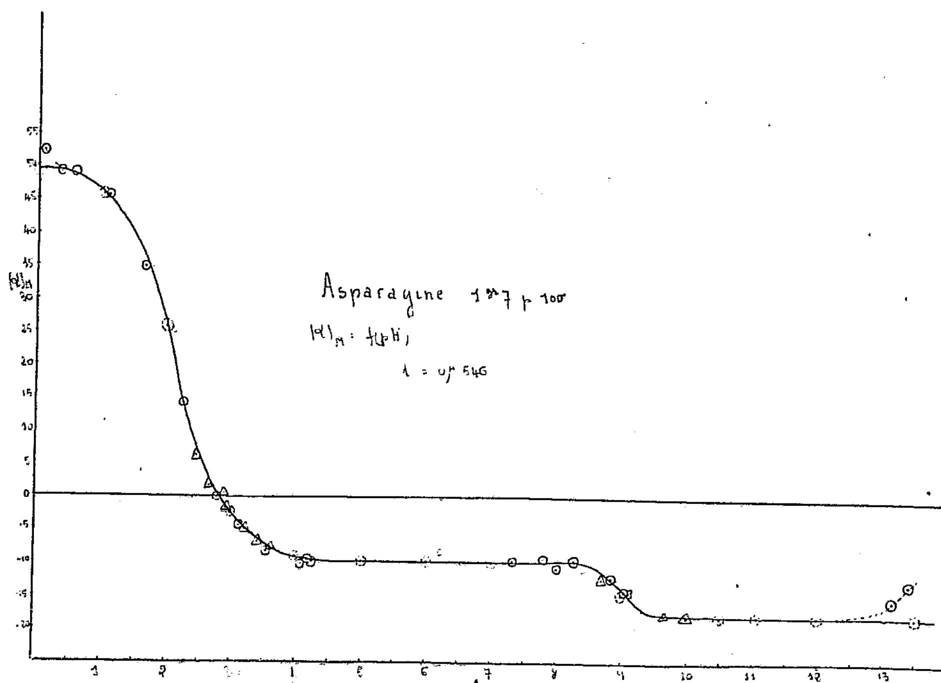
Comme dans le cas de la nicotine, la dispersion, normale pour les P_H extrêmes, est anomale pour un P_H intermédiaire, ici égal à 3.

Nous avons comparé les effets obtenus par l'addition d'un acide fort ou d'une base forte (HCl, KOH), d'une part, d'un acide faible ou d'une base faible ($C^2H^4O^2$, AzH^4OH), d'autre part.

On calcule les pouvoirs rotatoires rapportés à la molécule-gramme par la formule $[\alpha]_M = \frac{\alpha}{l.c}$, où α est la rotation mesurée en degrés, l la longueur du tube en déci-

mètres, c la concentration en molécules-gramme pour 100^{cm^3} du mélange. Les P_H sont obtenus par addition de petites quantités d'acide ou de base concentrés; la concentration initiale de l'asparagine est égale à 24^g par litre; on ajoute à chaque solution la quantité d'eau nécessaire pour ramener chaque fois la concentration définitive à une même valeur ($1^g,7$ pour 100).

La figure ci-dessous indique les résultats obtenus; les points entourés d'un cercle en traits pleins se rapportent à HCl ou NaOH, ceux entourés d'un triangle à $C^2H^4O^2$ ou AzH^4OH.



La courbe représentative a l'allure d'une courbe de neutralisation où les deux fonctions acide et basique sont nettement séparées. Pour arriver à un même P_H, il faut ajouter des quantités extrêmement différentes d'acide chlorhydrique et d'acide acétique ($P_H = 2,66$, pour 1 molécule-gramme d'asparagine $0^{mol},25$ d'HCl ou 20^{mol} de $C^2H^4O^2$), ce qui tient évidemment à l'hydrolyse considérable du sel de l'acide acétique; cependant *la rotation est la même pour un même* P_H, *quel que soit l'acide, ce qui manifeste la liaison étroite qui existe, pour ces solutions, entre la dissociation électrolytique et le pouvoir rotatoire.*

Dans l'hypothèse où l'on a un mélange des molécules non dissociées et des ions correspondants, le pouvoir rotatoire s'exprime quantitativement

en fonction de la concentration en ions hydrogène et des constantes de dissociation K_a et K_b de l'asparagine, par la formule (1)

$$[\alpha]_M = \frac{[\alpha]_r}{1+\frac{K_a}{h}+\frac{K_b h}{K_\omega}} + \frac{[\alpha]_a}{1+\frac{h}{K_a}+\frac{K_b h^2}{K_a K_\omega}} + \frac{[\alpha]_c}{1+\frac{K_\omega}{K_b h}+\frac{K_a K_\omega}{K_b h^2}};$$

$$K_a = 1,4.10^{-9},\quad K_b = 1,5.10^{-12},\quad K_\omega = 10^{-14},\quad P_H = -\log.h.$$

$$[\alpha]_a = -17^\circ,64,\quad [\alpha]_a = +49^\circ,31,\quad [\alpha]_r = -9^\circ,50$$

(valeurs du pouvoir rotatoire correspondant aux extrémités de la courbe et au point isoélectrique, $P_H = 6,5$).

La courbe théorique (figurée en traits pleins) déterminée à l'aide de cette formule coïncide d'une manière satisfaisante avec la courbe expérimentale. La même vérification a été faite pour l'acide malique par M. Vlès; nous observons comme lui aux deux extrémités de la courbe un redressement anomal, dû sans doute à la présence d'un grand excès de base ou d'acide.

PHYSIQUE. — *Ondes secondaires produites par une onde aérienne.* Note (2) de M. Th. Vautier.

La lecture d'un certain nombre de tracés obtenus dans nos recherches précédentes (3) nous a permis de dessiner à grande échelle les courbes qui montrent les formes successives de l'onde au cours de sa propagation; leur étude confirme pleinement la sûreté de la méthode réfractométrique employée; elle montre notamment l'influence de la propagation sur la déformation de l'onde et celle de la forme de l'onde sur sa vitesse de propagation. Sans attendre l'achèvement assez long de la lecture des tracés que nous désirons encore dépouiller, nous pouvons signaler dès maintenant le fait intéressant que voici.

Si l'on émet un son quelconque à l'une des extrémités, ouverte ou fermée, de la conduite, on entend peu après des sons, pareils au son émis, qui arrivent successivement et tous avant le retour de ce dernier; ce sont des échos, car l'oreille ne distingue entre eux et le son émis d'autre différence que celle d'une intensité plus ou moins affaiblie; ce sont en tout cas des échos anormaux, puisqu'ils reviennent tous avant le retour du son émis.

(1) Cf. Michaelis, *Wasserstoffionenkonzentration.*

(2) Séance du 8 juin 1925.

(3) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 256.

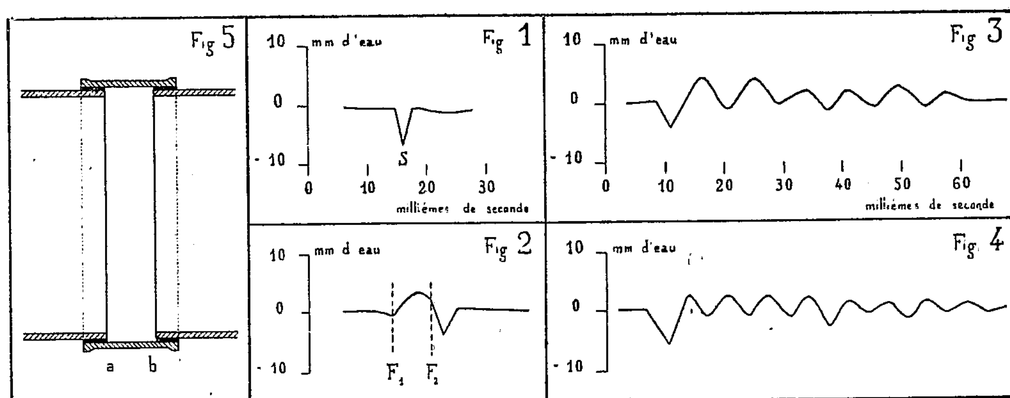
Ils sont toujours en nombre égal, ils se succèdent à intervalles inégaux mais invariables. Soient $2t_1$, $2t_2$, ... les temps respectifs, déduits de nos tracés, qui se sont écoulés entre le passage de l'onde principale et l'arrivée des échos anormaux successifs; il suffit de calculer, d'après la vitesse du son, les longueurs l_1, l_2, ... parcourues pendant les temps t_1, t_2, ... et de reporter ces longueurs sur le profil en long de la conduite, pour situer les endroits où se sont formés ces échos. Nous avons ainsi constaté, exclusivement dans ces endroits, l'existence des ouvrages ou objets suivants : un manchon de raccordement, deux vannes de décharge, une ventouse, un groupe de trois enregistreurs Richard.

Nous sommes donc amené à rechercher comment l'onde principale est influencée par ces ouvrages pendant qu'elle les traverse; les tracés des franges nous donnent à cet égard des indications précieuses; ils nous montrent en effet l'existence d'ondes plus ou moins affaiblies, enregistrées aux instants précis auxquels les échos successifs doivent être inscrits d'après la vitesse du son; nous les appellerons *ondes secondaires*. Des spécimens en sont visibles sur les figures ci-contre.

1° *Augmentation de section suivie d'une diminution à faible distance.* — Le cas le plus simple de la formation d'un écho anormal est celui d'un manchon recouvrant les extrémités des deux tuyaux qu'il jonctionne (*fig.* 5); il a un dispositif de $1^m,070$ et $0^m,40$ de long; sa présence occasionne une assez faible augmentation de section (14,7 pour 100) de la conduite sur environ $0^m,20$ de longueur, suivie d'un retour à la section normale. L'onde explosive arrive avec une pression déterminée de quelques centimètres d'eau et subit une légère dilatation pendant le très court trajet *ab* de $0^m,20$ après lequel elle revient à sa pression d'arrivée. Cette onde principale positive crée en se dilatant ainsi une onde négative qui revient en arrière, puis, en se contractant, une onde positive qui rebrousse aussi chemin. L'onde (*fig.* 1), dessinée d'après les tracés des franges, est donc une onde complexe résultant de la formation de ces deux ondes secondaires très rapprochées, de signe contraire et partiellement superposées. Si cette explication est exacte, le sommet S doit correspondre à l'arrivée du front de la deuxième onde (positive). La distance front-sommet de l'onde complexe doit donc être égale au temps du double parcours *ab* du manchon ($0^m,20$) qui correspond à 1,2 millième de seconde : ce résultat concorde bien avec les mesures faites sur les tracés.

2° *Diminution de section suivie d'une augmentation à faible distance.* — Une diminution de section de 2,48 pour 100 sur 1^m de long a été produite

par la présence de 3 enregistreurs Richard. A chacune des deux faibles variations successives de pression qu'elle subit, l'onde principale donne une onde secondaire de sens inverse au sien, la première à pression positive, la deuxième négative, qui se superposent partiellement. Si l'onde complexe (*fig.* 2) résulte bien de ces alternatives dans la pression de l'onde principale, la distance F_1 F_2 entre les fronts des deux ondes secondaires doit correspondre à leur décalage, c'est-à-dire à deux fois le temps de parcours de la longueur des enregistreurs, soit 6 millièmes de seconde : c'est bien le temps indiqué par les mesures faites sur le tracé.



Dans le mode de formation des ondes secondaires que nous avons indiqué, on reconnaîtra, à l'intensité près, ce qui se passe dans le cas classique de la réflexion sur paroi ouverte, mais dans ce cas la pression positive ou négative de l'onde sortant des tuyaux tombe à zéro : l'onde secondaire de signe contraire et de sens inverse qui se forme est unique, sans superposition, car il n'y a qu'une seule variation de pression ; elle conserve en outre une énergie assez voisine de celle de l'onde principale et sensiblement la même forme.

3° *Vannes de décharge et ventouse.* — La figure 3 représente l'onde complexe résultant des ondes secondaires données par une décharge, la figure 4 celle due à une ventouse. L'effet du manchon jonctionnant chaque ouvrage à la conduite se complique de celui des espaces vides dû aux tubulures de raccord. La fréquence des oscillations est de 120 pour la décharge et de 150 pour la ventouse; elle ne varie pas avec la nature de l'explosif et ne dépend que de la conformation de l'ouvrage.

Enfin les ondes complexes dues aux ouvrages, au manchon et aux enre-

gistreurs ne se produisent, ou du moins ne sont visibles sur le tracé des franges, que pour des ondes principales ayant un front discontinu ou très redressé.

CHIMIE MATHÉMATIQUE. — *Calcul de l'affinité spécifique.* Note ([1]) de M. **Th. De Donder**, présentée par M. Le Chatelier.

1. Dans une Note précédente ([2]), nous avons défini l'affinité spécifique $\mathcal{A}$ d'un système quelconque à une phase. Grâce à l'équation (4) de cette Note, nous connaissons maintenant toutes les dérivées partielles des potentiels fondamentaux H, F, ψ et U, à savoir :

$$(1)\quad \begin{cases} \left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_{T\xi} = V, & \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_{T\xi} = -p, & \left(\frac{\partial \psi}{\partial p}\right)_{S\xi} = V, & \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_{S\xi} = -p, \\ \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_{p\xi} = -S, & \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_{V\xi} = -S, & \left(\frac{\partial \psi}{\partial S}\right)_{p\xi} = T, & \left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_{V\xi} = T, \\ \left(\frac{\partial H}{\partial \xi}\right)_{pT} = -\mathcal{A}, & \left(\frac{\partial F}{\partial \xi}\right)_{VT} = -\mathcal{A}, & \left(\frac{\partial \psi}{\partial \xi}\right)_{pS} = -\mathcal{A}, & \left(\frac{\partial U}{\partial \xi}\right)_{VS} = -\mathcal{A}. \end{cases}$$

2. Prenons, par exemple, les variables V, T et ξ. L'énergie libre F sera donnée par la formule d'analyse bien connue :

$$(2)\quad F - F(V^0, T^0, \xi^0) = -\int_{V^0(T\xi)}^{V} p(V, T, \xi)\, dV - \int_{T^0(V^0\xi)}^{T} S(V^0, T, \xi)\, dT - \int_{\xi^0(V^0T^0)}^{\xi} \mathcal{A}(V^0, T^0, \xi)\, d\xi,$$

où V^0, T^0, ξ^0 sont des valeurs fixes données *a priori*. Les indices entre parenthèses, près des signes d'intégration, montrent les variables qui, pendant l'intégration, doivent demeurer constantes. Nous supposerons connue l'équation caractéristique $p = p(V, T, \xi)$ du système, mais les fonctions S et $\mathcal{A}$ ne sont pas données.

Notre méthode de calcul de F consiste à supposer que si V^0 tend vers l'infini, l'entropie $S(V^0, T, \xi)$ tend vers l'entropie $S^*(V^0, T, \xi)$ du gaz parfait de même température et de même constitution chimique. De même, l'affinité $\mathcal{A}(V^0, T^0, \xi)$ du système tend vers l'affinité $\mathcal{A}^*(V^0, T^0, \xi)$ du gaz

---

([1]) Séance du 15 juin 1925.

([2]) *Affinité* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1334). Une erreur de copie s'est glissée dans la formule (10); dans les seconds membres, les numérateurs doivent être remplacés respectivement par $(-r_{pT} + \mathcal{A}_{(0)})$ et $(-\Delta_{pT})$.

parfait de même température et de même composition chimique [1]. Enfin, nous supposons que $F(V^0, T^0, \xi^0)$ tend vers $F^*(V^0, T^0, \xi^0)$ de ce même gaz parfait.

Il en résulte que

$$(3)\qquad F - F^*(V^0, T^0, \xi^0) = -\int_{V^0(T\xi)}^{V} p(V, T, \xi)\, dV - \int_{T^0(V^0\xi)}^{T} S^*(V^0, T, \xi)\, dT - \int_{\xi^0(V^0T^0)}^{\xi} \mathcal{A}(V^0, T^0, \xi)\, d\xi.$$

Telle est la formule générale donnant l'énergie libre du système. Celle-ci peut s'écrire

$$(3')\qquad F = F^*(V, T, \xi) - \int_{V^0(T\xi)}^{V} [p(V, T, \xi) - p^*(V, T, \xi)]\, dV,$$

où $F^*(V, T, \xi)$ représente l'énergie libre du gaz parfait pour les mêmes valeurs (finies) de V, T et ξ. De même, $p^*(V, T, \xi)$ se rapporte au gaz parfait. Il est entendu que dans (3) et (3'), il faut passer à la limite, V^0 tendant vers l'infini.

Exemple. — Considérons un mélange de gaz de Van der Waals, dont l'équation caractéristique est $p = \frac{nRT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$, où, comme on sait, a et b sont des fonctions de ξ, et où n est le nombre total des moles du système. L'équation (3') donne immédiatement

$$(3'')\qquad F = F^* - nRT \log \frac{V-b}{V} - \frac{a}{V}.$$

3. Nous aurions pu, dans (3), intégrer d'abord par rapport à V, puis par rapport à ξ, puis par rapport à T, en supposant, cette fois, que $\mathcal{A}(V^0, T, \xi)$ tend vers $\mathcal{A}^*(V^0, T, \xi)$ et que $S(V^0, T, \xi^0)$ tend vers $S^*(V^0, T, \xi^0)$. On obtiendrait la même fonction F donnée d'ailleurs par (3'). On peut démontrer qu'on aura, quels que soient T et ξ,

$$S(V^0, T, \xi) \to S^*(V^0, T, \xi) \text{ et } \mathcal{A}(V^0, T, \xi) \to \mathcal{A}^*(V^0, T, \xi).$$

4. Connaissant l'énergie libre F du système donné, nous aurons immédiatement, grâce à (1), l'affinité spécifique du système

$$(4)\qquad \mathcal{A} = \mathcal{A}^* + \frac{\partial}{\partial\xi}\int_{V^0(T\xi)}^{V} (p - p^*)\, dV.$$

[1] Nous avons calculé autrefois cette affinité spécifique $\mathcal{A}^*$ d'un gaz parfait (*Bull. Ac. Roy. de Belgique*, Cl. des Sc., 5e série, 8, 1922, p. 197 à 205).

Exemple. — Retournons au mélange de gaz de Van der Waals; nous obtenons

$$(4') \qquad \mathcal{A} = \mathcal{A}^* + \nu RT \log \frac{V-b}{V} - \frac{nRT}{V-b}\frac{db}{d\xi} + \frac{1}{V}\frac{da}{d\xi},$$

où $\nu = \sum_{\gamma} \nu_{\gamma}$; les ν_{γ} ont été définis dans la Note précédente.

Remarquons que nous aurions pu obtenir, par la même méthode, en partant d'un potentiel *autre* que F, l'affinité spécifique $\mathcal{A}$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les points d'ébullition des mélanges d'eau, de benzène et d'alcool éthylique sous la pression de* 760^mm^ *de mercure.* Note de M. **Jean Barbaudy**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Sur la distillation du système ternaire eau-alcool-benzène nous ne possédons que l'unique observation de S. Young ([1]) qui a montré l'existence d'un mélange hétérogène à point d'ébullition fixe bouillant à 64°,85 et renfermant

Alcool	18,5 pour 100
Benzène	74,1 »
Eau	7,4 »

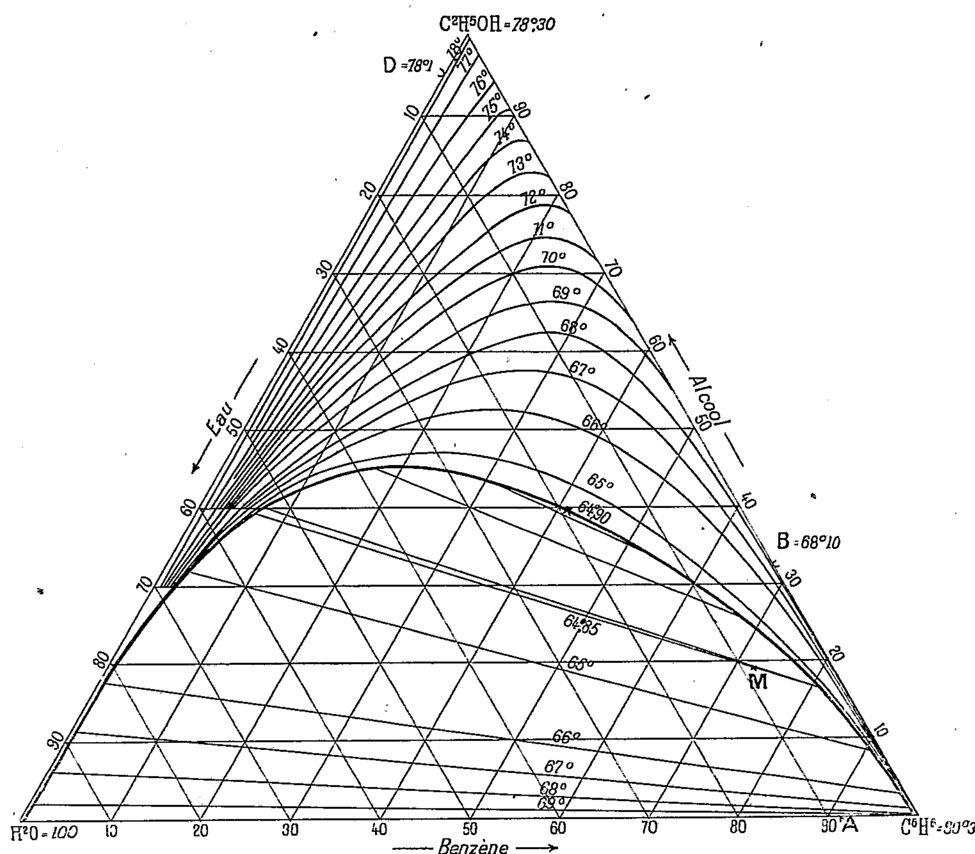
En se basant sur cette seule donnée Young a indiqué la possibilité d'obtenir de l'alcool absolu par distillation d'alcool aqueux en présence de benzène. Son procédé est entré récemment dans la pratique courante, par suite de la nécessité de déshydrater de grandes quantités d'alcool pour la préparation du carburant national. En raison de l'intérêt scientifique de la question, de l'importance actuelle de la déshydratation de l'alcool et de la grande valeur de cette méthode ([2]) j'ai entrepris l'étude complète de cet équilibre.

Il existe tout un domaine de concentrations où les mélanges d'alcool-eau-benzène sont hétérogènes au point d'ébullition. A l'aide d'un petit ébullioscope de 20^{cm^3} de capacité j'ai déterminé dans la région homogène les points d'ébullition de plusieurs séries de mélanges à teneur constante en

([1]) *Jour. of Chem. Soc.*, **81**, 1902, p. 707.

([2]) H. Guinot, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1623. — Coppée et Cie, Brevet français 565264, 19 avril 1923. — Ricard Allenet et Cie, Brevet français. Plus de 1000^{hl} d'alcool absolu sont fabriqués chaque jour par ce procédé. — G. Patart, *Bull. Soc. Encourag.*, **123**, 1924, p. 201.

alcool de 10 en 10 pour 100 d'alcool. Mon thermomètre Baudin, gradué en dixièmes de degré, était lu au centième à l'aide d'une lunette. Dans la zone hétérogène j'ai utilisé un grand ébullioscope de 250$^{cm^3}$ muni d'un agitateur en cuivre (palette de $h = 4^{cm} \times 1 = 3^{cm}$) tournant à 1600-1700 t:m. Cette vitesse de rotation considérable est indispensable pour l'obtention d'un véritable équilibre. Toutes choses égales, j'ai noté une chute de 0°,6 quand



Système alcool éthylique, benzène, eau. Isobare d'ébullition de 760^{mm}.

la vitesse d'agitation passe de 600 à 1200 t:m, tandis qu'en augmentant la vitesse à 1600-1700 t:m, c'est à peine si le thermomètre descendait de quelques centièmes de degré. Néanmoins, dans la région hétérogène, la précision de nos résultats est très inférieure ; elle ne dépasse pas 0°,05. A l'aide d'un manostat la pression atmosphérique était ramenée à 760^{mm}.

Nous ne pouvons reproduire ici nos tableaux d'expériences et nous nous bornerons à donner le diagramme ternaire représentant la surface d'ébulli-

tion sous 760^{mm} de Hg. Les concentrations sont évaluées en grammes de substance et rapportées à 100^{g} de solution. L'axe des températures est normal au plan du tableau. Chacune des lignes de niveau est une isotherme correspondant à la température indiquée en dessous.

La courbe en trait fort est la ligne de trouble qui divise le diagramme en deux parties : les zones homogène et hétérogène. On n'oubliera pas que c'est une courbe gauche qui présente un sommet relatif C très peu marqué au point critique (voisin de alcool = 39 pour 100; benzène = 42 pour 100). S'il en est ainsi ce mélange doit avoir un point d'ébullition fixe ni maximum, ni minimum provenant du contact des nappes de rosée et d'ébullition du système.

Nous avons retrouvé sensiblement le minimum absolu d'ébullition de S. Young vers 64°,8-64°,9. Le distillat se scinde à cette *température* en deux couches qui renferment respectivement :

Couche.	T°.	Pour 100. Alcool.	Benzène.	Eau.	Pour 100 de la couche dans le distillat
Supérieure	65°	16,3	81	2,7	90,6
Inférieure	–	39,6	5,9	54,5	9,4
Supérieure	25	13,3	85	1,7	85,1
Inférieure	–	49,5	8	42,5	14,9

D'après ce tableau, la masse de la couche inférieure et sa concentration en alcool augmentent, par refroidissement, aux dépens de la couche supérieure.

Jusqu'à 69°,25 chaque isotherme se compose d'une courbe et d'une portion rectiligne qui relie les deux solutions conjuguées bouillant à cette température sous 760^{mm}. Au delà les isothermes sont curvilignes et tout entières situées dans la région homogène. On notera que les isothermes de 68°,1 et de 78°,15 sont tangentes aux côtés du triangle aux points figuratifs des azéotropes correspondants alcool-benzène et alcool-eau. Enfin, on remarquera sur le côté eau-alcool la pente très accentuée, impossible à figurer, de la surface d'ébullition.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Anomalie dilatométrique des solutions solides α de cuivre et d'aluminium.* Note de M. **P. Chevenard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Entre 250° et 300°, la courbe dilatométrique d'un bronze d'aluminium présente, à la chauffe comme au refroidissement, un changement de direction bien net [1], tandis que le diagramme résistivité-température et la courbe thermique de Roberts-Austen accusent une légère singularité. Cette anomalie presque réversible est complètement indépendante des transformations qui s'effectuent dans les alliages à deux constituants; c'est une propriété des solutions solides (Cu — Al)α. J'ai entrepris l'étude de ce phénomène au moyen du dilatomètre différentiel enregistreur [2].

Pour faciliter l'observation de l'anomalie, j'ai remplacé l'étalon habituel de baros par un autre dont la dilatabilité moyenne diffère peu de celle des bronzes d'aluminium. Ce dernier étalon est formé d'un ferronickel chromé à 20 pour 100 Ni et 10 pour 100 Cr; sa dilatation est exempte de singularité et parfaitement réversible. Les alliages d'étude ont été préparés avec du cuivre électrolytique et de l'aluminium tenant 99,3 pour 100 Al; 0,28 pour 100 Si; 0,35 pour 100 Fe. Avant l'essai au dilatomètre, les baguettes, obtenues par forgeage (jusqu'à 15 pour 100 Al) ou par moulage, ont subi un recuit de 20 heures à 850°.

La figure 1 reproduit deux diagrammes enregistrés : le premier, 1, se rapporte à un bronze à 9,16 pour 100 Al et l'autre, 2, à un bronze à 3,80 pour 100 Al. Une élaboration graphique de ces diagrammes a conduit au tracé des courbes dérivées : celles qui sont dessinées en traits et points sur la figure 1 sont relatives aux courbes de chauffe : celles-ci, en effet, bien que très voisines des courbes de refroidissement, ne leur sont pas exactement superposées.

Sur ces courbes dérivées, l'anomalie se manifeste par une ascension, qui survient entre 250° et 300°. Pour en repérer la position, je prends pour température caractéristique celle du point d'inflexion I. Quant à l'intensité du phénomène, elle peut être représentée par le rapide accroissement du

(1) Voir, dans l'Ouvrage du lieutenant-colonel C. Grard [*L'aluminium et ses alliages* (Berger-Levrault, 1920)], les courbes reproduites pages 177 et 183.

(2) *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 916.

coefficient de dilatation vrai qui résulte de l'anomalie. Cet accroissement a est déduit de la distance qui sépare, sur l'ordonnée du point I, les tronçons de la courbe dérivée de part et d'autre du phénomène, prolongés jusqu'à l'aplomb du point I. On voit (*fig.* 2) comment la grandeur a varie avec le titre des alliages.

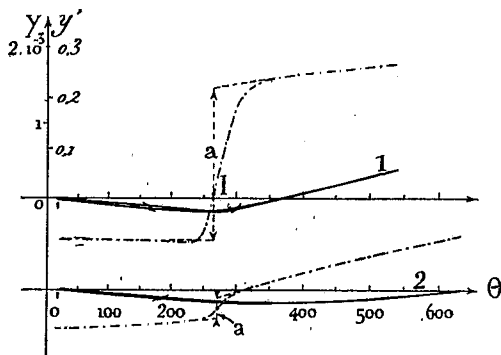


Fig. 1.

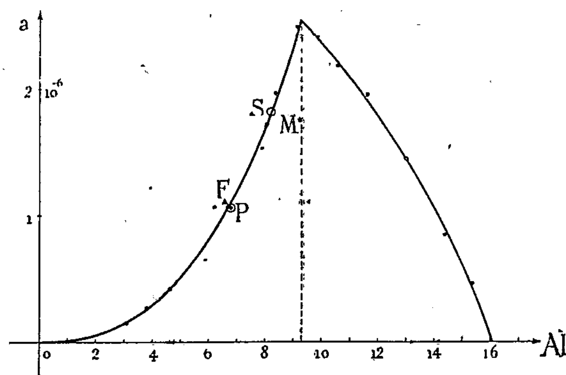


Fig. 2.

1° La température du point I est sensiblement indépendante de la teneur en aluminium : on note, en moyenne, 265° à la chauffe et 250° au refroidissement. Cette hystérésis subsiste quand la température décroît très lentement : elle ne paraît pas diminuer quand la vitesse passe de 200 degrés : heure à 25 degrés : heure, au voisinage de 265°. De plus, le changement de courbure de la courbe enregistrée est plus étalé au refroidissement qu'à la chauffe.

2° Dans le domaine des solutions solides α, l'amplitude de l'anomalie, nulle pour le cuivre, croît d'abord très lentement, puis de plus en plus vite avec la teneur en aluminium. Si x désigne cette teneur pour 100, l'amplitude a peut s'exprimer empiriquement par

$$a = 9{,}5 \, . \, 10^{-9} x^{2,5}.$$

Dans le domaine à deux constituants, a diminue et s'annule pour la teneur 16 pour 100 Al, frontière de la solution solide γ; on note que la courbe relative à l'agrégat $\alpha + \gamma$ s'écarte sensiblement de la droite traduisant la loi des mélanges.

Le point d'intersection des deux tronçons de la courbe a, qui correspond à la limite de la solution α, a pour abscisse 9,3 pour 100 Al. Cette teneur est un peu inférieure à celle qui résulte des recherches de M. Stockdale :

9,8 pour 100 Al ([1]); mais l'écart s'explique suffisamment par la précision relativement faible des mesures de la grandeur a.

3° L'anomalie est très peu affectée par les impuretés habituelles de l'aluminium. Un bronze préparé avec un aluminium très pur : 99,7 pour 100 Al; 0,15 pour 100 Fe; 0,13 pour 100 Si; donne un point P très voisin de la courbe moyenne. Il en est de même des points S et F obtenus avec des alliages additionnés, le premier de 1 pour 100 de silicium, l'autre de 1 pour 100 de fer. Par contre, le manganèse atténue l'anomalie : le point M relatif à un alliage tenant 1 pour 100 Mn tombe nettement au-dessous de la courbe.

4° L'anomalie des solutions solides (Cu-Al) α ne correspond pas vraisemblablement à un changement de phase : une trempe de ces alliages au-dessus de 300° n'affecte pas la structure. Le phénomène est plutôt comparable à l'anomalie qui accompagne la transformation réversible des substances ferromagnétiques. M. Hiroshi Imai ([2]), qui a étudié une anomalie analogue des laitons β, par la méthode de la résistivité, parvient à la même conclusion. Mais tandis que le point de Curie des alliages ferromagnétiques varie presque toujours beaucoup avec la composition, la température caractéristique de l'anomalie est presque indépendante du titre dans le cas des laitons β et des bronzes d'aluminium α.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Révision du poids du litre normal du gaz chlorure de méthyle.* Note ([3]) de M. **T. Batuecas**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Dans deux précédentes Notes ([4]), concernant le gaz oxyde de méthyle, nous avons signalé l'importance toute particulière que présente pour la détermination des poids moléculaires et atomiques la question de savoir si la loi des densités limites, due à M. Daniel Berthelot, peut s'appliquer d'une façon rigoureuse *à tous les gaz* même aux plus facilement liquéfiables. Les résultats alors obtenus, et notamment l'extrapolation linéaire au voisinage

---

([1]) Stockdale, *Copper-rich aluminium-copper alloys* (*Journal of the Institute of metals*, 28, 1922, p. 273).

([2]) Hiroshi Imai, *Diagramme d'équilibre du système cuivre-zinc* (*Comptes rendus du Congrès scientifique international de Liége*, 1922 (Section de Métallurgie), p. 579.

([3]) Séance du 8 juin 1925.

([4]) T. Batuecas, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 440, 565.

de 1 atmosphère (soit entre 1 et $\frac{2}{3}$ d'atmosphère environ dans notre cas), montrèrent que l'oxyde de méthyle suivait d'une façon rigoureuse la loi des densités limites. Nos nouvelles recherches montrent, d'une part, que la valeur du poids du litre normal et celle de l'écart à la loi d'Avogadro du gaz chlorure de méthyle, déterminées par M. G. Baume, sont un peu trop faibles, et, d'autre part, que ledit gaz suit également d'une façon rigoureuse la loi des densités limites.

Détermination du poids du litre normal. — Il n'existe jusqu'ici qu'une donnée de grande précision : celle de M. G. Baume [1], $L_0 = 2,3045$; toutefois, ce savant a obtenu le gaz par une seule méthode, tandis que nous l'avons obtenu par deux méthodes foncièrement différentes. L'appareil, tout en verre soudé, se compose comme à l'ordinaire de trois parties : celle destinée à la génération du gaz, celle de purification physique, et enfin celle des mesures de densité.

Première méthode. — La réaction utilisée est celle du trichlorure de phosphore sur l'alcool méthylique déjà étudiée par Walker et Johnson [2] dont nous avons modifié légèrement le mode opératoire.

Dans un ballon à dégagement, qui contient le trichlorure de phosphore, et qui est entouré de glace pilée, on fait tomber par petites portions l'alcool méthylique. La réaction, qui est très vive, produit une grande quantité de gaz; celui-ci traverse, d'abord, un réfrigérant à reflux, ensuite deux laveurs contenant de la soude diluée, qui retiennent l'acide chlorhydrique dégagé, puis un double laveur avec de l'acide sulfurique concentré; finalement le gaz passe à l'appareil de purification physique, où il est soumis, à plusieurs reprises, aux opérations de fractionnement et de barbotage. Le gaz de cette méthode [3] a été utilisé pour les mesures des séries 4, 5, 6, 7 et 8.

Deuxième méthode. — Le chlorure de méthyle a été préparé par décomposition thermique du chlorure de tétraméthylammonium. Le produit pur (Kahlbaum) est placé dans un tube en verre dur, chauffé au moyen d'un petit four électrique, dont on détermine la température à l'aide d'un thermomètre ordinaire à 360°; le tube, qui n'a qu'une extrémité ouverte, est muni d'un capuchon rodé en verre ordinaire, afin de pouvoir le raccorder

---

(1) G. Baume, *J. Ch. Physique*, 6, 1908, p. 1.

(2) Walker et Johnson, *J. Chem. Soc.*, 87, 1905, p. 1692.

(3) Le gaz, une fois purifié, traversait un tube contenant de la soude en morceaux et ensuite un autre tube à pentoxyde de phosphore.

au reste de l'appareil. Le chlorure de tétraméthylammonium, très hygroscopique, commence par dégager de l'eau; la décomposition ne commence, cependant, que vers 260° et devient très intense à une température de 300-320°. Le gaz produit traverse deux laveurs à acide sulfurique concentré, destinés à retenir la triméthylamine qui se dégage dans la réaction, et passe ensuite à l'appareil de purification physique, où il est fractionné à plusieurs reprises. Ce gaz a été utilisé pour les séries 9, 10, 11 et 12.

Les ballons à densités ont été les mêmes que ceux utilisés lors des recherches sur l'oxyde de méthyle. Leurs volumes sont les suivants : ballon N-3, $772^{ml},39$; ballon III, $220^{ml},26$.

Les mesures de densité ont été réalisées à la température de la glace fondante, les pressions ont été lues à $0^{mm},01$ près, à l'aide d'un cathétomètre et d'un mètre étalon. Finalement, les pesées des ballons (munis de contrepoids) ont été faites dans une balance sensible, donnant aisément par la méthode des oscillations $0^{mg},05$.

Le tableau suivant donne les valeurs L_0 du *poids du litre normal*, compte tenu de toutes les corrections (réduction des pesées au vide, contraction des ballons, écart de compressibilité, altitude et latitude).

Séries.	L_0 (N-3).	L_0 (III).	L_0 moyen.
4	2,3099	2,3082	2,3090
5	2,3092	2,3095	2,3094
6	2,3081	2,3096	2,3088
7	2,3087	2,3094	2,3090
8	2,3096	2,3098	2,3097
9	2,3077	2,3080	2,3079
10	2,3073	2,3073	2,3073
11	2,3077	2,3080	2,3078
12	2,3072	"	2,3072

La moyenne générale des 17 déterminations est (1)

$$L_0 = 2,3084.$$

La plus grande différence entre deux déterminations isolées est de $11,7.10^{-4}$, et par rapport à la moyenne elle est de $6,2.10^{-4}$. L'erreur d'une détermination isolée rapportée à la valeur du litre est de $\pm 0,00042$ (soit de $\frac{2,1}{10000}$ environ), et l'erreur moyenne sur la moyenne arithmétique est de $\pm 0,0001$.

(1) Les séries 1, 2 et 3, bien que ne différant que peu des autres, ont été laissées de côté pour les résultats définitifs, et la série 12 ne comporte qu'une seule valeur, à cause d'un accident survenu pendant la manipulation.

Les valeurs obtenues avec le gaz de la première méthode sont légèrement plus élevées que celles de la deuxième méthode. Ceci ferait penser à l'existence de quelque erreur systématique que, cependant, nous n'avons pas pu mettre en lumière. Toutefois, on peut également constater que *tous nos résultats* s'écartent très sensiblement ($\frac{1}{592}$ environ) de la valeur jadis trouvée par M. G. Baume. En attendant des nouvelles déterminations, que nous avons l'intention de réaliser, on peut considérer la valeur moyenne que nous avons trouvée, soit $L_0 = 2,3084$, comme exacte à $\frac{1}{10000}$ près.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrographique de la formation de complexes mercuriques.* Note de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai montré récemment ([1]) que l'étude spectrographique des mélanges en proportion variable de deux solutions permet de fixer la composition du complexe qui peut prendre naissance, et d'évaluer sa stabilité.

Si les mélanges de deux solutions équimoléculaires présentent un maximum d'absorption suffisamment net pour une certaine composition, cette « composition maximum » correspond à la formule du complexe. Il est d'ailleurs indispensable de vérifier que cette composition maximum reste constante, lorsque la concentration commune aux deux solutions varie. La formule du complexe étant ainsi fixée, on détermine la « composition maximum » pour des mélanges de solutions non équimoléculaires, et l'on peut calculer la constante de la loi d'action de masse correspondant à la formation du complexe. J'ai appliqué cette méthode au cas du complexe iodocadmique ([2]).

Les complexes mercuriques ont été étudiés d'une manière analogue, tout au moins en ce qui concerne leurs formules, par Shibata, Inouye et Nakatsuka ([3]). Mais ces auteurs se sont contentés, la plupart du temps, d'opérer sur une seule concentration. C'est ainsi qu'ils ont cru à l'existence d'un composé $HgCl^2$, KCl dans les mélanges de solutions dixième normales des deux chlorures. Il est vrai que, pour cette concentration, on observe un maximum d'absorption peu marqué, très aplati et qui peut correspondre à la formule précédente. Mais la position du maximum se déplace, si l'on change la concentration. En solution $\frac{N}{5}$, par exemple, elle correspond à peu près à la proportion $HgCl^2$, 3KCl. Il est donc impossible de conclure à la formation d'un complexe de formule déterminée ([4]).

([1]) P. Job, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 928.

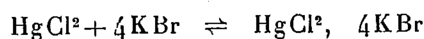
([2]) P. Job, *Ibid.*, p. 1108.

([3]) *J. Chem. Soc. Japan*, **42**, 1921, p. 983.

([4]) Il serait nécessaire d'étudier le problème au moyen de mesures spectrophotométriques.

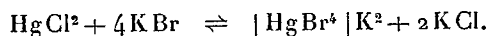
Au contraire, les mélanges de solutions équimoléculaires de chlorure mercurique ou de bromure de potassium présentent un maximum d'absorption très marqué correspondant à la proportion $HgCl^2$, $4KBr$, et la composition maximum ne varie pas, si l'on modifie la concentration.

Le chlorure mercurique étant très peu dissocié en ions, la formation du complexe peut se représenter par l'une des deux formules



$$HgCl^2 + 4KBr \rightleftharpoons HgCl^2,\ 4KBr$$

ou



$$HgCl^2 + 4KBr \rightleftharpoons |HgBr^4|K^2 + 2KCl.$$

L'étude spectrographique des mélanges de solutions de chlorure mercurique, à des concentrations Γ et de bromure de potassium à des concentrations $p\Gamma$, permet de choisir entre ces deux hypothèses. Soit, en effet, x la composition maximum correspondante. Dans le premier cas, et quels que soient p et Γ, on doit avoir (1) :

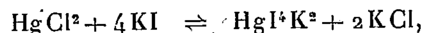
$$k_1 = \frac{C_{HgCl^2} \times C^4_{KBr}}{C_{HgCl^2,\ 4KBr}} = \frac{p^3\Gamma^4[(p+4)x-4]^5}{(p-1)^4(4-5x)}.$$

Dans le second cas, on aura (2)

$$k_2 = \frac{C_{HgCl^2}C^4_{KBr}}{C_{HgBr^4K^2}C^2_{KCl}} = \frac{16p\Gamma^2[(p+4)x-4]^5}{(p-1)^2(4-5x)^3}.$$

L'expérience montre que la seconde hypothèse est seule acceptable, et l'on obtient $k_2 = 1,5 \times 10^{-5}$ environ.

L'iodure de potassium réagit de même sur le chlorure mercurique en solution, selon la formule



$$HgCl^2 + 4KI \rightleftharpoons HgI^4K^2 + 2KCl,$$

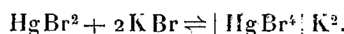
la constante d'équilibre k'_2 étant égale à 10^{-8} environ.

J'ai enfin étudié la formation du complexe mercurique bromé par l'action du bromure de potassium sur les solutions acides de sulfate ou de nitrate mercurique. Dans ce cas, les courbes d'absorption présentent, en outre du maximum correspondant à la formation de l'ion $HgBr^4$, un minimum très prononcé, dont la position correspond à la formule $HgBr^2$. Cette composition minimum reste pratiquement invariable, même si l'on

(1) P. Job, *loc. cit.*

(2) On obtient facilement cette formule par un calcul analogue à celui que j'ai indiqué précédemment (*loc. cit.*).

opère sur des solutions non équimoléculaires. Ce résultat montre que la formation de bromure mercurique est pratiquement complète et que celle du complexe doit s'écrire :



$$HgBr^2 + 2KBr \rightleftharpoons |HgBr^4| K^2.$$

On trouve alors que la composition maximum x doit vérifier la relation

$$k_3 = \frac{C_{HgBr^2} \times C^2_{KBr}}{C_{HgBr^4|K^2}} = \frac{(p + 2\Gamma^2[(p+4)x - 4]^3}{(p+1)^2[2(p+3) - 3(p+2)x]}.$$

L'expérience montre, en effet, que la constante k_3 reste fixe quels que soient p et Γ; sa valeur est $k_3 = 1,6 \times 10^{-6}$. L'étude des mélanges de bromure mercurique et de bromure de potassium confirme d'ailleurs cette conclusion.

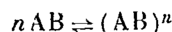
En résumé, il est impossible d'étudier par une méthode spectrographique simple la formation des complexes mercuriques chlorés. Au contraire on peut démontrer que le complexe tétrabromomercurique se forme directement par double décomposition, à partir du bromure de potassium et du chlorure mercurique. Le brômure de potassium, agissant sur le nitrate ou le sulfate mercurique, donne d'abord naissance à du bromure mercurique, qui se combine ensuite au bromure en excès pour former le complexe tétrabromé. J'ai déterminé les constantes de la loi d'action de masse correspondant à ces diverses réactions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'association des polyphénols.* Note de M. E. **Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

La plupart des corps de la série phénolique présentent en solution aqueuse une association moléculaire plus ou moins marquée. Qualitativement de nombreuses méthodes physico-chimiques ont permis de mettre ce phénomène en évidence : cryoscopie (E. H. Loomis) (1), ébullioscopie (Peddle et Turner) (2), viscosité (F. B. Thole) (3), maximum de densité des solutions aqueuses (W. Müller) (4), etc. Je me suis proposé d'étudier quantitativement par la méthode ébullioscopique l'équilibre entre molécules

(1) E. H. Loomis, *Zeit. phys. Chem.*, 37, 1901, p. 407.
(2) Peddle et Turner, *Journ. Chem. Soc.*, 99, 1911, p. 690.
(3) F. B. Thole, *Jour. Chem. Soc.*, 97, 1910, p. 2596.
(4) W. Müller, *Zeit. phys. Chem.*, 43, 1903, p. 109.

simples et molécules associées dans les solutions aqueuses de polyphénols. J'atteins la constante d'équilibre $K = \frac{c^n}{c'}$, relative à l'équation



$$n\,AB \rightleftharpoons (AB)^n$$

par la résolution du système :

$$(a) \qquad c + nc' = C,$$

$$(b) \qquad x + x' = P,$$

$$(c) \qquad \frac{x}{x'} = \frac{c}{nc'},$$

$$(d) \qquad \Delta e = 5{,}2\left[\frac{x}{M} + \frac{x'}{nM}\right]$$

dans lequel C est là concentration chimico-physique de la solution utilisée, c et c' les concentrations respectives des molécules simples et associées, x et x' les poids de ces molécules dans 100^g d'eau, P celui du corps dissous également dans 100^g d'eau, Δe représente l'élévation ébullioscopique observée, dans l'hypothèse vraisemblable où elle représente la somme des élévations correspondant aux molécules simples de poids moléculaire M et aux molécules polymérisées de poids moléculaire nM, chacun de ces corps admettant une constante ébullioscopique normale égale à 5,2.

Cette méthode a déjà été utilisée pour la recherche de l'association du chlorure mercurique [1]. Le tableau suivant donne les valeurs de K pour $n = 2$ et $n = 3$ calculées d'après des expériences ébullioscopiques précises et pour des concentrations différant entre elles de 0,125 M.

A. — *Concentrations* 0,375M *à* 1,125M.

								Moyenne
Pyrocatéchine....	K_2.....	0,79	1,03	1,03	1,02	1,06	1,14	1,01
	K_3.....	0,57	1,10	1,22	1,43	1,80	2,21	
Résorcine.......	K_2.....	2,31	2,12	2,16	2,18	2,23	2,33	2,22
	K_3.....	1,65	2,04	2,64	3,11	3,70	4,42	
Hydroquinone...	K_2.....	2,14	2,47	2,41	2,31	2,14	2,24	2,28
	K_3.....	1,55	2,32	2,87	3,47	3,53	4,24	
Pyrogallol.......	K_2.....	5,75	4,94	5,98	5,19	5,66	5,59	5,52
	K_3.....	4,16	4,97	7,21	7,49	9,46	10,7	
Oxyhydroquinone	K_2.....	″	4,30	4,39	4,59	4,05	4,93	4,45
	K_3.....	″	1,95	2,99	6,27	6,94	9,2	

(1) BOURION et ROUYER, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1708.

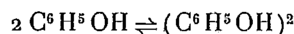
B. — *Concentrations* 1,250 M *à* 2 M.

									Moyenne
Pyrocatéchine...	K_2...	0,76	0,78	0,63	0,49	0,40	0,32	0,26	1,84
	K_3...	1,94	1,75	1,03	1,82	1,72	1,57	(1,24)	
Résorcine.......	K_2...	2,16	2,07	1,55	1,62	1,56	1,44	1,36	5,34
	K_3...	5,14	5,45	(4,58)	5,15	5,40	5,38	5,53	
Hydroquinone...	K_2...	2,12	2,05	1,39	1,36	1,20	1,31	1,20	4,71
	K_3...	5,06	5,37	4,10	4,38	4,23	4,93	4,91	
Pyrogallol.......	K_2...	3,83	3,41	3,64	3,45	3,15	2,89	2,86	10,15
	K_3...	9,09	9,69	10,3	10,6	10,1	10,4	10,9	
Oxyhydroquinone	K_2...	4,80	4,52	4,19	4,00	3,52	3,10	"	11,83
	K_3...	11,8	11,7	11,8	12,6	11,6	11,5	"	

Ces résultats montrent que tous les polyphénols (exception faite pour la phloroglucine dont le degré d'association est peu marqué) présentent les mêmes caractères d'association : aux basses concentrations (jusqu'à 1,25 M environ) l'équilibre se présente entre molécules simples et molécules doubles; aux concentrations plus élevées (étudiées jusqu'à 2 M) cet équilibre paraît s'établir entre molécules simples et molécules triples.

L'addition d'un groupement oxhydrile dans le passage des di- aux triphénols diminue le degré d'association, et pour les polyphénols isomères, la présence de deux groupements en position ortho augmente le degré de polymérisation.

L'association du phénol ne peut être étudiée par ébullioscopie, mais des mesures de pression osmotique de ses solutions aqueuses (¹) conduisent à l'équilibre



$$2\,C^6H^5OH \rightleftharpoons (C^6H^5OH)^2$$

pour des concentrations inférieures à 0,9 M.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la séparation du celtium, et sur le spectre d'arc de cet élément.* Note [2] de MM. **J. Bardet** et **C. Toussaint**, présentée par M. G. Urbain.

Poursuivant les recherches de l'un de nous sur le celtium [3], nous nous sommes appliqués surtout à trouver une méthode enrichissant rapidement

(1) A. Grollman et J.-C.-W. Frazer, *Ann. Chem. Soc.*, 45, II, 1923, p. 1705.

(2) Séance du 15 juin 1925.

(3) J. Bardet, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1711.

en celtium des mélanges zirconium-celtium. La différence de solubilité des phosphates dans l'acide sulfurique nous a donné satisfaction.

Le mélange de sulfates est dissous dans l'acide sulfurique concentré. Cette dissolution est additionnée de la quantité d'acide phosphorique à 80 pour 100 nécessaire pour précipiter environ le cinquième des oxydes. Un volume et demi d'eau y est ensuite ajouté lentement, en agitant énergiquement, de façon à obtenir une précipitation très lente des phosphates dans un milieu extrêmement acide. On laisse déposer durant une nuit, et l'on décante la liqueur sulfurique limpide. On verse sur le précipité trois volumes d'eau et l'on filtre. Le filtrat est réuni au liquide sulfurique décanté, et le tout est mis à concentrer jusqu'à apparition de vapeurs d'anhydride sulfurique. On répète alors sur cette liqueur le traitement, et ce, tant que le précipité obtenu est plus riche en celtium que le produit initial, ce qu'indique facilement l'observation des spectres. Les précipités sont alors réunis, et décomposés, soit par fusion avec le mélange carbonate de potasse-carbonate de soude, soit, plus commodément, par dissolution, lorsqu'ils sont *très récemment* obtenus, dans une solution concentrée de carbonate de soude et précipitation par la soude. On transforme les oxydes ainsi obtenus en sulfates sur lesquels on répète la série des opérations.

De toutes celles qui ont été essayées dans notre laboratoire, la méthode de fractionnement que nous venons de décrire est celle qui donne l'enrichissement le plus notable. Sept séries de précipitations nous ont conduits à un produit contenant près de 90 pour 100 de celtium, le produit initial n'en contenant que 2 à 3 pour 100 environ (1). Cette méthode est rapide et elle présente en outre l'avantage d'éliminer rapidement toutes les impuretés, les phosphates de zirconium et de celtium étant seuls pratiquement insolubles dans l'acide sulfurique; elle n'a que l'inconvénient de nécessiter la manutention de grands volumes d'acide sulfurique concentré — celui-ci ne

(1) Ces chiffres sont donnés d'après des déterminations sommaires de poids atomique. Pour celles-ci nous avons utilisé la méthode suivante, très rapide, et ne nécessitant pas l'élimination préalable des sels ou acides volatils, toujours délicate et aléatoire. Nous partions d'un sel cristallisé non altérable au cours de la pesée, en l'espèce l'oxychlorure $ZrOCl^2.4H^2O$. Une partie du sel, pesée dans un creuset de quartz, est traitée par l'acide sulfurique étendu puis additionnée d'acide phosphorique. On évapore et calcine le phosphate ainsi obtenu. D'autre part, une autre portion d'oxychlorure, pesée dans un creuset de platine, est transformée en sulfate que l'on calcine pour obtenir l'oxyde. Les poids ainsi obtenus sont ramenés à 100 et leur rapport permet de calculer le poids atomique du mélange avec une approximation de 1 pour 100.

dissolvant que très peu de sulfate de zirconium — et d'exiger la décomposition des phosphates entre chaque série d'opérations.

Nous avons examiné, entre les longueurs d'ondes 2300 et 3500 U. Å. le spectre d'arc de nos produits les plus riches. Nous avons constaté qu'ils ne présentaient aucune raie attribuable à un autre élément que le celtium ou le zirconium. Pour le premier, nous avons retrouvé toutes les raies qui ont été données par MM. Hansen et Werner (¹) dans l'étude très complète qu'ils ont faite sur des produits qui leur avaient été donnés comme sensiblement plus riches que ceux qui ont été obtenus depuis par nous. Nous avons en outre rencontré un certain nombre de lignes que ces auteurs n'ont pas signalées, et dont quelques-unes sont parmi les plus importantes. Nous en donnons ci-après la liste. Les spectres ont été faits sur électrodes de charbon, au moyen d'un spectrographe à prisme de Werlein. Les mesures ont été faites sur le spectre d'arc du fer. Les longueurs d'ondes sont données en unités internationales à 0,05 U. Å. près.

2324,45...	faible	2789,55...	faible
35,85...	très faible *	89,75...	moyenne
2416,00...	faible	2815,90...	très faible
16,50...	ext. faible	27,10...	ext. faible
45,10...	faible	41,90...	faible
65,90...	très faible	77,25...	très faible
68,10...	forte	91,10...	très faible
82,75...	faible	2917,55...	ext. faible
2642,10...	faible	66,90...	moyenne
51,10...	assez forte	3005,50...	forte
57,60...	faible	20,65...	forte
63,35...	ext. faible	49,35...	faible
76,00...	très faible	63,75...	faible.
82,20...	très faible	64,75...	moyenne
85,90...	très faible	87,30...	très faible
96,25...	moyenne	88,60...	très faible
2711,75...	faible	3152,90...	très faible, diffuse
12,00...	faible	63,45...	ext. faible
12,20...	faible	68,45...	forte
12,40...	assez forte	3247,70...	très forte
30,90...	moyenne	3316,2....	très faible
58,30...	très faible	23,4....	très faible
65,00...	très faible	94,7....	moyenne
83,75...	moyenne	3421,5....	très faible

* La raie 2335,35 forte, donnée par nous dans notre Note précédente, n'appartient pas au celtium.

(¹) Hansen et Werner, *The optical spectrum of Hafnium, Det Kgl. Danske Videnskaberne Selskab. Mathematisk-fysiske Meddelelser*, 5, 1923, p. 8.

PHOTOCHIMIE. — *Sur l'étude expérimentale des directions d'émission des photo-électrons.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

Il est possible, à l'aide de la méthode des détentes, d'étudier statistiquement la répartition dans l'espace des directions d'émission des rayons β secondaires, ces rayons étant produits dans l'atmosphère de l'appareil Wilson par un pinceau étroit de rayons X. De telles recherches ont été poursuivies par C.-T.-R. Wilson, par l'auteur de cette Note, par F.-W. Bubb et par Bothe (1). (Ce dernier a abandonné la méthode des détentes pour celle du compteur à pointe; les résultats obtenus par ce procédé si différent sont tout à fait comparables aux nôtres.)

Je me propose de montrer ici comment ces différents résultats expérimentaux peuvent s'interpréter à l'aide d'une théorie proposée dans une Note antérieure (2). Je renvoie à cette publication en ce qui concerne les hypothèses et les calculs, ne rappelant que la formule finale

$$P = \sin^3\omega\, d\omega . \sin^2\lambda\, d\lambda$$

qui donne P, probabilité de départ des photo-électrons dans un petit angle solide $d\omega\, d\lambda$, faisant l'angle ω (colatitude) avec la direction de propagation du faisceau X excitateur, et dont λ est l'azimut autour de ce faisceau, compté à partir du plan perpendiculaire au vecteur électrique.

Pour comparer cette formule avec l'expérience, on peut la décomposer en deux parties, et en tirer ainsi les répartitions en ω et en λ séparément. Le nombre de rayons β secondaires, d'azimut quelconque, et de colatitude comprise entre ω et $\omega + d\omega$ est ainsi proportionnel à $\sin^3\omega\, d\omega$: le nombre de rayons de colatitude quelconque, et d'azimut compris entre λ et $\lambda + d\lambda$ est proportionnel à $\sin^2\lambda\, d\lambda$: on pourrait comparer directement les résultats de ces formules aux densités d'émission des photo-électrons. Cependant, au lieu de faire les moyennes nécessaires pour obtenir ces densités, ce qui est fâcheux dans des statistiques à petit nombre de cas (environ 200), il est préférable d'utiliser les intégrales des expressions pré-

(1) C.-T.-R. Wilson, *Proc. Roc. Soc.*, 104, 1923, p. 1-24. — Pierre Auger *Comptes rendus* 178, 1924, p. 929 et 1535. — Bubb, *Phys. Rev.*, 23, 1924, p. 137. — Bothe, *Zeitsch. für Physik.*, 26, 1924, p. 59.

(2) Pierre Auger et Francis Perrin, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1742.

cédentes, qui donnent alors le nombre total de rayons théoriquement émis sous des angles inférieurs à ω ou à λ respectivement.

Considérons tout d'abord la distribution en ω. L'intégrale de $\sin^3\omega$ peut se mettre sous la forme $\frac{1}{2}(1 - \cos\omega)\left(1 - \cos\omega\,\frac{1+\cos\omega}{2}\right)$. La courbe représentant cette expression est donnée figure 1, de 0 à 180°, les points expé-

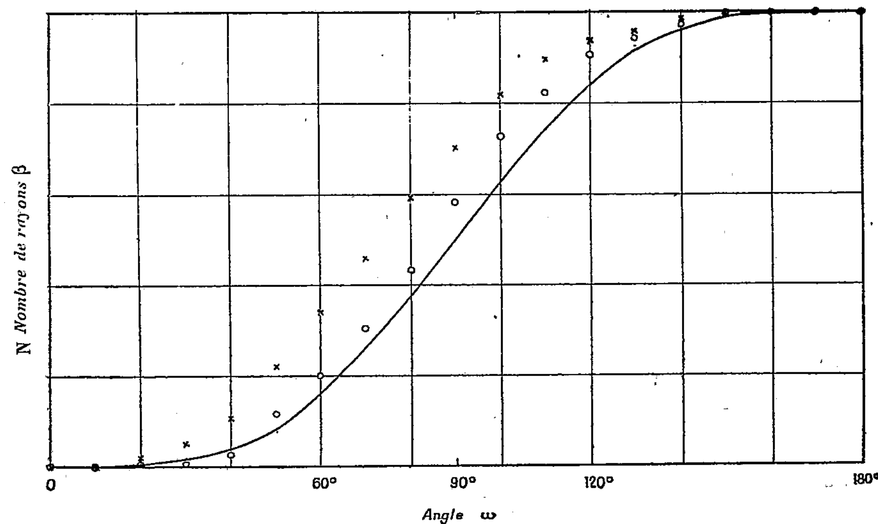


Fig. 1. — Points expérimentaux : × pour la série sous 90 kilovolts; ○ pour la série sous 15 kilovolts.

rimentaux se rapportent à deux séries de mesures faites par l'auteur, l'ampoule source de rayons X étant alimentée sous 90 kilovolts dans un cas, et sous 15 kilovolts dans l'autre. L'ordonnée de chaque point (N, ω) mesure le nombre de rayons observés entre 0 et ω.

On voit que la forme des trois courbes est la même, montrant que les hypothèses faites rendent bien compte de la dispersion observée mais que les points expérimentaux sont décalés vers les petits angles d'une quantité variable avec la tension. Les valeurs de ce décalage vérifient bien la formule donnée dans une Note antérieure [1] pour le déplacement de la direction d'émission privilégiée. Pour faciliter la comparaison, la figure 2 montre la courbe théorique de 0 à 90°, accompagnée des points expérimentaux d'une série à haute tension, décalés tous de 16° vers les petits angles (courbe inférieure de la figure 2 et points marqués ×).

La distribution en azimut a été étudiée par Bubb en utilisant des

(1) Pierre Auger, *loc. cit.*

rayons X polarisés par diffusion (*loc. cit.*). L'intégrale de $\sin^2\lambda\, d\lambda$, soit $\frac{1}{2}(\lambda - \sin\lambda\cos\lambda)$ est représentée par la courbe moyenne de la figure 2

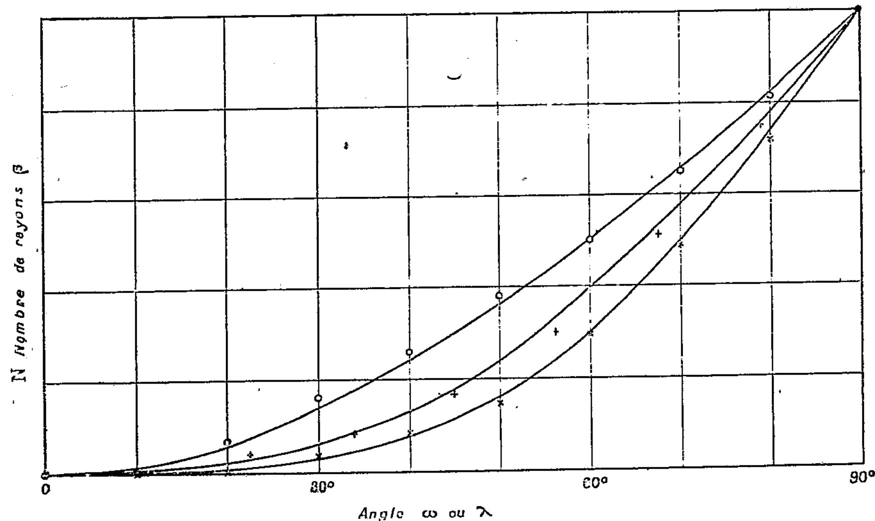


Fig. 2. — Points expérimentaux : × pour la distribution en ω; + pour la distribution en λ; ○ pour la distribution des rayons tertiaires.

entre 0 et 90°. Les points marqués + sont tirés des données de Bubb, en se servant de la courbe expérimentale et en les rapportant toutes à un seul quadrant de 90°. L'accord est satisfaisant, et ici il n'y a aucun décalage à faire intervenir, la quantité de mouvement du rayonnement X ne produisant pas d'effet en azimut.

Je donne enfin, à titre de comparaison, les résultats obtenus tout récemment au sujet de la répartition des rayons β tertiaires [1]. La courbe supérieure de la figure 2 est une sinusoïde, représentant par conséquent la répartition sphérique uniforme; les points marqués o, déduits de mesures effectuées sur le krypton, s'y placent bien, montrant que l'atome excité rayonne au hasard dans l'espace son énergie.

---

[1] Voir *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 65.

MÉTALLURGIE. — *Étude de la corrosion dans l'acide sulfurique à divers degrés de concentration des aciers étirés à froid.* Note de M. **Delbart**, présentée par M. Le Chatelier.

Nous avons donné antérieurement [1] quelques chiffres relatifs à la résistance à l'allongement de cinq aciers étirés à froid et traités industriellement; il nous a paru utile d'étudier la corrosion de ces mêmes aciers par des solutions sulfuriques à diverses concentrations en SO^4H^2 et SO^3.

Voici, exprimées en grammes par 24 heures et par mètre carré, les pertes en poids observées sur des éprouvettes écrouies ou recuites à la température t et ensuite attaquées par de l'acide étendu, 2 pour 100 SO^4H^2.

Acide sulfurique à 2 pour 100 (durée, 72 heures; température moyenne, 20°).

Acier n°	Écroui.	$t = 500$.	$t = 650$.	$t = 700$.	$t = 800$.
1 (doux).........	252,6	137,5	105,4	115	122,3
2 (demi-dur).....	241,4	"	159,7	130,8	181,1
3 (dur)..........	340,0	164,5	132,7	122,6	313,1
4 (au Mn)........	296,2	221,2	211,0	186,2	228,2
5 (au Si)........	237,3	143,3	144,0	144,4	143,1

On constate donc, en général, un minimum d'attaque pour le recuit à 700°.

Nous avons ensuite procédé à l'essai de corrosion dans l'acide à 98 pour 100 de SO^4H^2.

Acide sulfurique à 98 *pour* 100 (durée, 240 heures; température moyenne, 14°)

Acier n°	Écroui.	$t = 650$.	$t = 700$.	$t = 800$.
1.....	0,640	0,633	0,640	0,716
2.....	0,673	0,716	0,689	0,666
3.....	0,696	0,690	0,693	0,686
4.....	0,683	0,713	0,663	0,656
5.....	0,673	0,850	0,716	0,806

Ici l'attaque semble s'uniformiser, mais un minimum subsiste. Par contre, chose remarquable, l'attaque par les oléums présente un tout autre caractère.

---

[1] *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 394.

Oléum à 20 *pour* 100 (durée, 240 heures; température moyenne, 15°).

Acier n°	Écroui.	t = 500.	t = 650.	t = 700.	t = 800.
1.....	10,833	"	9,033	14,100	8,933
2.....	3,200	3,600	5,000	7,833	2,600
3.....	2,300	2,566	2,833	3,733	1,766
4.....	3,233	5,400	6,766	9,100	2,666
5.....	10,533	"	10,433	13,466	14,400

On observe donc un maximum de corrosion pour les aciers recuits à 700°, sauf pour l'acier au silicium. Il faut remarquer la chute brusque de la corrosion au delà de 700° et la faible attaque de l'acier dur.

Enfin, nous avons poursuivi les essais par l'étude de la corrosion dans l'oléum à 60 pour 100.

Acier n°.	Écroui.	t = 650.	t = 700.	t = 800.
1.............	0,233	0,260	0,266	0,433
2.............	0,283	0,233	0,263	0,296
3.............	0,313	0,250	0,536	0,516
4.............	0,443	0,253	0,300	0,326
5.............	0,666	0,300	0,416	0,416

On ne peut, de ces résultats, tirer une loi aussi nette relative à l'action du recuit, mais on peut remarquer la faible corrosion obtenue avec cet acide à 60 pour 100 de SO^3.

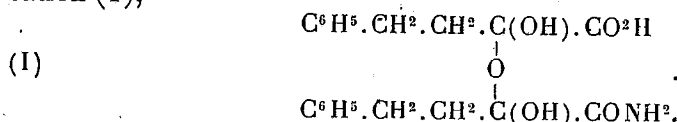
Si l'on considère l'action des différentes liqueurs d'attaque, et que l'on passe des plus diluées aux plus concentrées, on constate que la corrosion diminue régulièrement au fur et à mesure que la concentration en SO^4H^2 augmente mais remonte avec l'oléum à 20 pour 100, pour redescendre à son minimum avec l'oléum à 60 pour 100 de SO^3. On a, par exemple, pour l'acier dur recuit à 800° :

	Concentration en SO^3.				
Acier n° 3.	1,6 pour 100.	53 pour 100.	80 pour 100.	85 pour 100.	92,6 pour 100.
Perte de poids......	313,00	40,50	0,686	1,76	0,516

On constate enfin que le recuit coalescent à 700°, qui donne lieu à une chute de la résistance à la traction, est précisément celui qui donne le minimum de corrosion dans l'acide dilué et le maximum dans l'oléum à faible concentration en SO^3.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'amide phényl-α-oxycrotonique. Un exemple d'éther-oxyde d'hydrate de cétone.* Note de M. **J. Bougault**.

J'ai indiqué (1) que, contrairement aux résultats annoncés par Fittig (2), l'action de la soude sur l'amide phényl-α-oxycrotonique ne donne pas l'amide benzylpyruvique, mais une réaction très complexe où figure comme produit principal un acide amidé auquel j'ai attribué la formule de constitution (I),

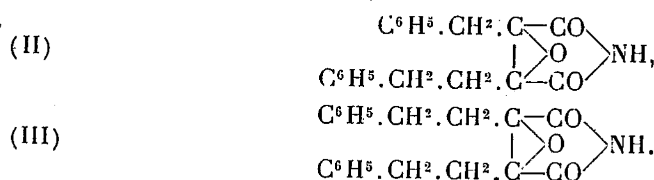


(I) $C^6H^5.CH^2.CH^2.C(OH).CO^2H$ — O — $C^6H^5.CH^2.CH^2.C(OH).CONH^2$.

Comme on le voit, cet acide amidé contient, en outre, une fonction éther-oxyde issue de la déshydratation effectuée entre les hydroxyles du groupement hydrate de cétone.

Cette structure particulière, comportant l'existence d'un éther-oxyde d'hydrate de cétone, démontrée dans ma première Note et confirmée par toutes les recherches effectuées depuis, est sans doute la cause de réactions assez inattendues observées avec ce composé.

I. L'une d'elles, que j'ai déjà fait connaître (3) et que je désire compléter aujourd'hui, s'effectue sous l'action du permanganate de potassium en milieu sulfurique. On obtient ainsi un imide de formule (II) :



(II) $C^6H^5.CH^2.C$—CO / $C^6H^5.CH^2.CH^2.C$—CO, >O, >NH,

(III) $C^6H^5.CH^2.CH^2.C$—CO / $C^6H^5.CH^2.CH^2.C$—CO, >O, >NH.

En comparant les deux formules (I) et (II) on voit que la réaction est très complexe : il y a eu dégagement de CO^2, déshydratation avec formation d'imide, et de plus un changement de liaison difficile à interpréter, d'où résulte une liaison nouvelle entre les C liés jusqu'ici uniquement par l'oxygène.

Dans ma première Note (*loc. cit.*) j'avais attribué à ce corps la formule (III),

(1) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 236.
(2) *Liebig's Annalen*, 299, 1898, p. 28.
(3) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 555.

qui correspond à des proportions de C, H, N, assez peu différentes, s'accordant aussi bien avec mes résultats analytiques et paraissant *a priori* plus probable; mais mes recherches récentes ne me permettent pas de douter de l'exactitude de la formule (II).

L'imide (II) fond à 120°. Soumis à une ébullition prolongée avec la soude, il est décomposé avec formation d'ammoniaque, d'acide benzylpyruvique $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.CO^2H$ et d'acide phénylpropionique

$$C^6H^5.CH^2.CH^2.CO^2H.$$

II. Lorsqu'on le dissout à chaud dans une solution de carbonate de soude et qu'on maintient l'action de la chaleur jusqu'à ce que la solution ne se trouble plus par refroidissement, on réalise l'hydratation de l'imide, avec formation de l'acide amidé correspondant (IV) ou (V)

$$\text{(IV)}\quad \begin{array}{l} C^6H^5.CH^2.C-CO^2H \\ \quad\quad\quad\quad \mid\!\!>O \\ C^6H^5.CH^2.CH^2C-CO.NH^2 \end{array} \quad \text{ou} \quad \begin{array}{l} C^6H^5.CH^2.C-CO.NH^2 \\ \quad\quad\quad\quad \mid\!\!>O \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C-CO^2H. \end{array} \quad \text{(V)}$$

(Ce corps fond à 170°.)

Si l'on continue l'hydratation par la lessive de soude, on arrive à l'acide bibasique (VI) fondant à 204°:

$$\text{(VI)}\quad \begin{array}{l} C^6H^5.CH^2.C-CO^2H \\ \quad\quad\quad\quad \mid\!\!>O \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C-CO^2H. \end{array}$$

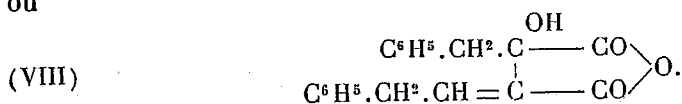
Mais on obtient de meilleurs résultats en effectuant l'opération en milieu acétique, avec l'acide chlorhydrique comme agent d'hydratation. Dans la même opération se produit simultanément la réaction inverse, c'est-à-dire la déshydratation de l'acide amidé avec retour à l'imide (II); cette réaction parasite n'intéresse qu'une petite partie du produit.

III. L'acide bibasique (P. f. 204°), chauffé quelques minutes à 100° avec l'anhydride acétique, donne un anhydride fondant à 104°, lequel régénère le diacide sous l'action des alcalis. Mais, si l'on maintient pendant plusieurs heures l'action de l'anhydride acétique, on obtient un autre anhydride, isomère de l'anhydride normal, mais dont la constitution est tout à fait différente.

J'ai été conduit à lui attribuer une des deux formules

$$\text{(VII)}\quad \begin{array}{l} C^6H^5.CH=C-\!\!-\!\!-CO\diagdown \\ \quad\quad\quad\quad\quad\;\; \mid \quad\quad\quad\quad >O \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C \quad\quad CO\diagup \\ \quad\quad\quad\quad\quad\quad OH \end{array}$$

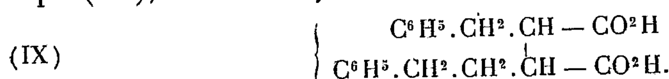
ou

(VIII)


Ce corps fond a 75°, il est insoluble dans les solutions aqueuses froides de carbonate de sodium. Il possède une légère acidité, non titrable en présence de phtaléine du phénol. Quand on le dissout dans de la lessive de soude étendue, l'acidulation chlorhydrique régénère l'anhydride lui-même et non l'acide bibasique qu'on pourrait attendre.

Il donne des éthers avec les alcools; j'ai préparé son éther méthylique fondant à 53°, lequel par saponification régénère, pour la plus grande partie, l'anhydride qui a servi à le préparer.

On voit par là que cet anhydride n'a que des relations lointaines avec l'acide bibasique dont il provient. Une autre réaction l'en éloigne encore, c'est la suivante : l'amalgame de sodium est sans action sur l'acide bibasique (VI), tandis qu'il réduit l'anhydride en donnant un acide bibasique (IX), fondant à 170° :

(IX)


La formule de cet acide benzylphényléthylsuccinique a été confirmée par sa synthèse totale à partir de l'aldéhyde cinnamique, ce qui fortifie singulièrement les formules proposées pour les corps dont il dérive.

Ces faits seront exposés plus en détail dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le phénylbenzylglyoxal.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Henri Moureu**, présentée par M. Béhal.

Au cours d'un travail ayant pour objet l'action des amines sur les cétones α-β-éthyléniques-α-halogénées [2], nous avons obtenu un corps dont l'identification était indispensable à la poursuite de nos recherches : nous avons reconnu que ce corps était une α-dicétone, le phénylbenzylglyoxal $C^6H^5 - CO - CO - CH^2 - C^6H^5$. Cette identification eût été très simplifiée si, à cette époque, nous avions eu connaissance d'un travail de Widman et Jorlander [3], où cette cétone se trouvait justement décrite.

---

(1) Séance du 15 juin 1925.

(2) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 573.

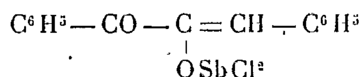
(3) *Ber.*, 49, 1916, p. 484; 50, 1917, p. 415.

Nous en avions déjà effectué l'étude : nous croyons devoir faire connaître celles des particularités de ce corps qui n'ont pas été publiées par les auteurs précités.

Les deux formes cristallisées du phénylbenzylglyoxal. — Le phénylbenzylglyoxal est une substance dimorphe, altérable à la fusion : forme instable fus. inst. 67°, forme stable fus. inst. 90°. L'obtention de l'une ou de l'autre forme ne dépend pas de l'origine du produit, mais des conditions d'amorçage : depuis l'apparition au laboratoire de la forme stable, nous n'avons plus reproduit, dans nos préparations ordinaires, la forme fondant le plus bas. Nous avions gardé quelques amorces de celle-ci en tube scellé; nous avons constaté qu'elles s'étaient maintenues intactes et se reproduisaient par amorçage après fusion, sans ouverture du tube.

Abandonné à lui-même, à l'air libre, le composé s'autoxyde rapidement. Le produit principal d'oxydation est constitué par de l'acide benzoïque; il se forme, en outre, en notables proportions, deux autres corps, neutres, fondant respectivement à 194° et 236° (fus. inst.), dont nous n'avons pas encore déterminé la nature.

L'une des particularités les plus remarquables de l'histoire du phénylbenzylglyoxal est son aptitude à former des dérivés métalliques très variés. Nous rappellerons tout d'abord le composé ferrique de coloration brun verdâtre intense signalé par Widman. Le sodium l'attaque à froid avec dégagement d'hydrogène et formation d'un dérivé sodé coloré en rouge pourpre, très altérable, redonnant le composé initial par les acides. Voici quelques autres sels : sels de cuivre (jaune verdâtre), de zinc (jaune d'or), d'uranium (rouge sang), solubles dans l'alcool; d'antimoine et de plomb très peu solubles dans l'alcool. Il est intéressant de souligner que certains de ces dérivés métalliques sont *très bien cristallisés :* c'est ainsi que le trichlorure d'antimoine, en présence d'alcool, fournit un précipité cristallisé en beaux prismes massifs jaune d'or (fus. inst. 179-180°), stables à sec, décomposés par l'hydrogène sulfuré en régénérant le composé primitif. En tenant compte des teneurs en chlore et en antimoine, nous proposons, pour ce sel antimonié, la formule



$$C^6H^5-CO-\underset{\underset{OSbCl^2}{|}}{C}=CH-C^6H^5$$

qui nous a paru la plus vraisemblable.

Avec l'hydroxylamine, *à froid*, le phénylbenzylglyoxal donne bien naissance, en petites quantités, à la dioxime (fus. inst. 220°), à la monoxime

$C^6H^5 - CO - C(NOH) - CH^2 - C^6H^5$ déjà connue sous le nom d'isonitrosobenzylacétophénone, mais le produit principal de la réaction est constitué par un isomère (fus. 114-115°) de cette monoxime dont la constitution fait l'objet d'études en cours.

L'isomère liquide du phénylbenzylglyoxal. — La chaleur transforme l'isomère cristallisé en isomère liquide. A la fusion, la transformation est importante, d'où la nécessité de prendre le point de fusion instantané. A l'ébullition, la transformation est beaucoup plus rapide, et l'on ne retrouve d'isomère cristallisé dans la portion distillée qu'en menant la distillation très vite et à température aussi basse que possible. Par distillation lente, la transformation paraît être intégrale.

C'est une huile jaune d'or, bouillant à 191°-192° sous 15^{mm} et à 137°-138° sous $0^{mm},3$, oxydable à l'air. Il donne les mêmes dérivés métalliques et les mêmes produits azotés que l'isomère cristallisé. Les combinaisons métalliques, décomposées par un acide approprié, fournissent, *non l'isomère liquide initial, mais l'isomère cristallisé.*

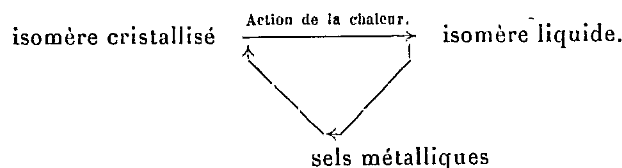
Nature de l'isomérie. — Les réactions du corps cristallisé concourent à faire supposer qu'il est l'un des deux stéréoisomères correspondant à la forme énolique (α-oxybenzalacétophénone, $C^6H^5 - CO - COH = CH - C^6H^5$). Le comportement très analogue de l'isomère liquide tendrait à faire supposer qu'il est, lui aussi, de forme énolique. Toutefois, dans le titrage de l'hydrogène actif au moyen du réactif de Grignard, on observe, dans le second cas, un déficit qui dépasse largement les écarts admissibles : le corps liquide ne titre qu'environ 50 pour 100 d'énol. Cette expérience impose la conclusion qu'une partie au moins du produit liquide se trouve sous la forme dicétonique. Quant aux 50 pour 100 d'énol, sont-ils constitués par de l'isomère cristallisé non transformé ou par son isomère stéréochimique encore inconnu, ou bien proviennent-ils d'une énolisation partielle de la dicétone sous l'influence du réactif de Grignard (1)? L'hypothèse la plus vraisemblable, qui se trouve d'ailleurs renforcée par l'échec des tentatives de cristallisation, consiste à supposer que le produit liquide est un mélange, mais un mélange contenant en proportion prépondérante la forme dicétonique.

Nous avons bien constaté une notable exaltation de la réfraction moléculaire, mais cette donnée ne peut apporter ici, pour la solution du problème

(1) Le taux d'énolisation peut s'élever dans certains cas jusqu'à 100 pour 100 (V. Grignard et J. Savard, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1573).

de l'énolisation, la même lumière que dans le cas des dicétones β, puisque forme dicétonique aussi bien que formes cétoénoliques présentent chacune un système de doubles liaisons conjuguées [O = C — C = O et O = C — C(OH) = C] sans qu'il soit possible de décider *a priori* quel doit être le système le plus exaltant.

Passage d'un isomère à l'autre. — Les réactions que nous avons indiquées ci-dessus permettent à volonté le passage d'un isomère à l'autre :



MINÉRALOGIE. — *Étude microscopique de la transformation αβ de la cristobalite naturelle.* Note de M. **R. Weil**, présentée par M. Pierre Termier.

Nous nous sommes servis pour cette étude du four électrique à résistance pour microscope construit par G. Friedel et L. Royer pour l'examen des corps mésomorphes, la température étant mesurée par un thermomètre à mercure au contact de la préparation. Nous avons examiné la cristobalite des gisements de San Cristobal, Tehama County (Californie), Chaudefour, Blaue Kuppen et Cottenheim, ainsi que les pseudomorphoses de tridymite en cristobalite de Chaudefour et du Mount Egmont (Nouvelle-Zélande). Nous avons utilisé des cristaux ou lorsque c'était possible des lames minces à faces parallèles, en lumière polarisée. Les auteurs qui ont étudié la cristobalite, opérant sur des quantités assez grandes de substance par des méthodes indirectes (analyse thermique, dilatométrie), n'ont pu observer que des points de transformation moyens. En opérant sous le microscope on voit que l'extinction se fait en chaque point d'un même cristal à une température bien déterminée, d'une manière brusque, en formant des zones qu'il est facile de dessiner à la chambre claire et qui apparaissent en sens inverse au refroidissement, avec toujours un retard de 15 à 20°. L'extinction complète d'un cristal exige donc un certain intervalle de température, plus ou moins étendu suivant l'origine de la cristobalite, légèrement variable d'un échantillon à l'autre du même gisement mais constant pour un cristal donné. Cet intervalle n'est qu'une suite d'innombrables transformations paramorphiques microscopiques bien définies.

Cristobalite de San Cristobal. — Nous avons étudié divers échantillons.

Le début de la transformation oscille de 180° à 195° suivant les échantillons; elle est terminée vers 205°-210°. Mallard avait trouvé 175°.

Cristobalite de Tehama County. — L'intervalle dans un même cristal est très grand, souvent 55°. La transformation commence à 175° et se poursuit sans discontinuer jusqu'à 210° dans certains cristaux, jusqu'à 230° dans d'autres.

Cristobalite de Chaudefour. — Pour un même cristal il existe généralement deux zones dont les températures de transformation sont très différentes. Le premier intervalle va de 175° à 190°, le deuxième de 217° à 245°. Au refroidissement la biréfringence reparaît de 222° à 200° environ, puis de 170° à 150°. Il existe donc une coupure extrêmement nette de 26°. Il semble que la cristobalite à bas point de transformation recouvre l'autre, comme la cristobalite qu'on trouve sur la tridymite dans le même gisement.

Cristobalite des Blaue Kuppen (¹). — Nous avons trouvé à peu près le même intervalle que Ramdohr, de 220°-230° à 250°-255°. (Celui-ci n'a pas dit s'il s'agissait d'un même cristal ou d'échantillons différents.) Quelques rares cristaux ont montré un intervalle différent : 160°-170° à 190°; sur ceux-ci quelques plages vers les bords s'éteignent à 246°. Ceci rapprocherait ces derniers cristaux de ceux de Chaudefour.

Cristobalite de Cottenheim. — Il y a, outre les octaèdres simples, des macles a^1 accolées en forme d'étoiles aplaties d'aspect grossièrement hexagonal, qui peuvent prêter à confusion avec la tridymite. Dans ces macles les plages sont plus grandes que dans les cristaux isolés. L'intervalle de transformation est le même dans les deux variétés : 220° à 230°. Après plusieurs chauffages les grandes plages sont démolies et présentent l'aspect habituel de la cristobalite,

Pseudomorphoses de tridymite en cristobalite. Tridymite de Chaudefour. — Il existe des cristaux ayant les formes et la transparence de la tridymite sur les bords, le centre étant recouvert de cristobalite. Les plages à formes de tridymite s'éteignent parallèlement aux côtés mais leur point de transformation est identique à celui de la cristobalite qui les recouvre : 180°-200°.

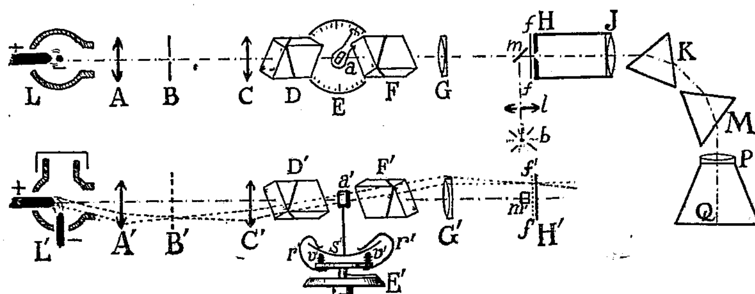
(¹) Ramdohr, *Centr. f. Miner.*, 10, 1910, p. 33.

Sur ces cristaux on trouve parfois de la cristobalite s'éteignant à partir de 230°. Il est impossible de voir, vu la faible épaisseur, si la tridymite pseudomorphisée est bien uniaxe à froid.

Tridymite du Mount Egmont. — Elle se présente en lamelles transparentes, d'indice de réfraction 1,48 environ. Le simple aspect en lumière polarisée montre qu'il s'agit de cristobalite présentant sur un même cristal deux intervalles de transformation, l'un de 170° à 190°, l'autre de 235° à 250°, comme dans la cristobalite de Chaudefour. Mais les deux types ne paraissent pas ici se recouvrir mutuellement et semblent enchevêtrés.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Dispositif pour mesurer les constantes optiques des cristaux dans l'ultraviolet.* Note de M. **Pierre Sève**, présentée par M. A. Cotton.

Les appareils employés généralement pour mesurer les biréfringences principales et l'angle des axes optiques des cristaux ne peuvent convenir pour les radiations ultraviolettes qui sont arrêtées par le verre et le baume. Afin de prolonger dans cette région spectrale, où les données de ce genre sont très rares, des mesures que j'avais effectuées sur divers cristaux dans le spectre visible et le début de l'ultraviolet, j'ai construit un dispositif qui fait l'objet de cette Note et dont la figure ci-dessous donne le schéma.



La lumière d'un arc entre charbons L, dont le spectre continu s'étend jusque vers $0^{\mu},24$, condensée par les lentilles de quartz A et C, passe dans un Foucault polarisateur D, dans la lame cristalline a à étudier, dans le Foucault analyseur F, et, grâce à la lentille achromatique (quartz-spath) G, fournit dans le plan focal H de cette dernière une portion de la figure de lumière convergente [1]. En H se trouve la fente d'un

[1] Le champ commun aux Foucault est malheureusement petit et ses limites se déplacent dans le spectre de plusieurs degrés, ce qui complique les réglages.

spectrographe stigmatique (à lentilles achromatiques J, P quartz-fluorine et à prismes K, M de quartz).

Le spectrogramme obtenu en Q est couvert de franges qui permettent de mesurer l'ordre d'interférence en chaque point de la fente H pour les diverses radiations. On peut donner à la lame cristalline *a* diverses orientations et la faire tourner d'angles connus autour de l'axe vertical du cercle gradué E (1).

Ce dispositif se prête à des mesures variées.

En particulier, lorsque la trace de l'un des axes optiques se forme sur la fente pour une certaine radiation, l'ordre est zéro et les franges présentent d'ailleurs, comme Mascart (2) l'avait observé dans le spectre visible pour un montage analogue, un aspect caractéristique qui permet de repérer cette radiation; on peut ainsi, en faisant tourner le cristal de façon à amener sucessivement les deux axes sur la fente, mesurer leur angle et d'étudier leur dispersion. En amenant, au contraire, la trace d'une bissectrice sur la fente, on obtient un spectre cannelé qui permet d'étudier la dispersion de la biréfringence correspondante.

Parmi les cristaux que j'ai ainsi étudiés, je citerai la *calamine*, qui est transparente jusque vers $0^{\mu},24$, et la *cérusite* qui l'est jusque vers $0^{\mu},29$. Pour ces cristaux, j'avais déjà reconnu le phénomène du *croisement* des plans des axes optiques, respectivement pour $0^{\mu},328$ et $0^{\mu},415$: on peut suivre l'augmentation de l'angle extérieur des axes dans le plan perpendiculaire à celui des axes visibles. Pour la calamine, il atteint 90° pour $0^{\mu},277$ environ et 140° vers $0^{\mu},257$.

J'ai également reconnu que le *sel de Seignette* potassique, transparent jusque vers $0^{\mu},28$, présente aussi, comme le faisait prévoir sa dispersion, le même phénomène, avec une radiation d'uniaxie voisine de $0^{\mu},29$.

---

(1) On a dessiné au-dessous du plan de l'appareil une partie de sa projection verticale avec les mêmes lettres accentuées.

On a figuré en traits ponctués sur cette projection la marche des rayons qui donnent un point de la figure d'interférence.

Pendant les poses on interpose en B, dans le plan focal de C, une fente qui élimine les rayons inutiles et évite l'échauffement du cristal. L'orientation du cristal *a* se règle en déplaçant la pièce sphérique *s* sur les trois vis *v* contre lesquelles elle est appuyée par les ressorts *r*. On évite ainsi les translations du cristal. Un micromètre *f* formé de fils tendus sur des vis parallèles donne dans le spectrogramme des lignes longitudinales qui repèrent les divers points de la fente et servent à effectuer diverses corrections. Le spectrogramme est étalonné à l'aide de la source *b* (arc au cuivre) dont la lumière est renvoyée par le miroir métallique *m*.

(2) MASCART, *Traité d'Optique*, 2, p. 174.

GÉOLOGIE. — *Existence de Diatomées dans les meulières des environs de Paris. Origine organique de la silice des meulières.* Note de M. L. Cayeux, présentée par M. H. Douvillé.

On ignore d'où vient la silice dans les meulières et l'on ne sait pas davantage pourquoi et comment elle s'est substituée à très grande échelle à des calcaires lacustres.

Au temps où le problème des meulières était à l'ordre du jour, diverses solutions ont été données à la question capitale de l'origine de la silice, mais toujours les preuves ont manqué pour les étayer. Et il n'est pas exagéré de dire qu'à ce point de vue nous ne savons rien de plus aujourd'hui qu'à l'époque de Cuvier et Brongniart, Constant Prévost, Gaudry, Meugy, etc. On a fait intervenir tour à tour des sources amenant la silice de la profondeur, des dépôts supérieurs aux calcaires meuliérisés fournissant la silice nécessaire par circulation d'eaux *per descensum*, et, enfin, la question des meulières a été traitée comme si les calcaires, plus ou moins siliceux dès le principe, avaient été silicifiés par concentration de la silice dont la nature et l'origine n'ont d'ailleurs pas été spécifiées.

Pensant que les meulières devaient rentrer dans le cas général des accidents siliceux en milieu calcaire, et que, partant, leur silice ne pouvait avoir qu'une origine organique, — ce que j'enseigne depuis plus de 20 ans, — j'y ai cherché des traces d'Algues siliceuses et d'Éponges d'eau douce. Ces recherches ont finalement abouti à la découverte de *Diatomées*.

Je rapporte à ce groupe deux sortes d'éléments : les uns doués d'une forme caractéristique, mais à structure effacée, et les autres qui ont gardé des Diatomées et la forme et la structure. Pour le moment, la florule observée ne comprend qu'un très petit nombre d'individus et de types, la plupart fournis par une meulière de Brie (Lagny) et les autres par une meulière de Beauce (Étampes). Ce sont :

Une forme triangulaire, extrêmement nette, vue par sa face valvaire, avec rudiments de réseau; plusieurs cuirasses particulièrement caractéristiques, courtes et larges, elliptiques, un peu étranglées vers le milieu; des valves elliptiques allongées et relativement étroites du type *Navicularia*, vues par les faces connectives et valvaires; quelques carapaces de forme très allongée, subrectangulaire, ornées de lignes transversales très régulières; une seule frustule d'aspect cylindrique, vue de biais et montrant en raccourci sa face connective; etc.

D'une manière générale, toutes les cuirasses qui ont perdu leur microstructure sont transformées en calcite, d'une seule orientation optique, c'est-à-dire fossilisées comme les Diatomées du Pliocène de Sendaï et de Yedo au Japon.

La présence certaine de Diatomées dans le milieu lacustre qui a engendré les meulières de Brie et de Beauce conduit tout naturellement à chercher dans la nature actuelle des points de comparaison susceptibles d'éclairer la formation des meulières. En possession d'une belle collection de préparations de boues lacustres, il m'est possible de faire entrer en ligne de compte des matériaux de grand intérêt.

On sait depuis longtemps qu'un dépôt à Diatomées s'accumule rapidement aujourd'hui dans le lac Saint-Loup (Puy-de-Dôme). Ce type de sédiments paraît très répandu dans maints lacs de France. De l'analyse de préparations qui m'ont été données par M. Delebecque, il résulte que certains de ces lacs, Pavin et Chauvet (Puy-de-Dôme), Crégut (Cantal), Issarlès (Haute-Loire), déposent des boues à Diatomées très pures. D'autres, tout en faisant place aux minéraux détritiques, engendrent des bancs pétris de frustules; tel est le cas pour les lacs de Cos, Robert, Crozet (Isère) et de Montcyneire (Puy-de-Dôme). Dans une troisième catégorie de dépôts, les Diatomées sont reléguées au second plan, ce qui ne les empêche pas d'abonder. Et parmi les moins pures, il s'en trouve qui renferment à la fois du carbonate de chaux et des frustules de Diatomées.

Je ne puis m'empêcher de voir dans ces lacs l'image de nos lacs tertiaires, comme nous voyons dans les mers actuelles l'image plus ou moins fidèle des mers anciennes. Il y a dans leur dépôt de quoi engendrer des concentrations siliceuses de grande importance, ici, représentant à elles seules presque toute la masse du sédiment accumulé, et, là, plus ou moins subordonnées à du calcaire.

Dira-t-on que l'extrême rareté des Diatomées dans les meulières s'oppose à une pareille assimilation? Mais qui ne voit que les Diatomées ne peuvent être tout à la fois converties en meulières et conservées en forte proportion. Et puis, il ne faut pas oublier que si des spicules d'Éponges disparaissent en grand nombre, sans laisser de traces dans la craie, dans les sédiments anciens *a fortiori* les Diatomées, de taille très exiguë, d'architecture très délicate et d'une finesse extrême, ont infiniment peu de chances d'échapper à la destruction dans un milieu soumis à des actions chimiques intenses, comme celui qui a engendré les meulières.

Dans ces conditions, les boues des lacs de Brie et de Beauce, très inéga-

lement chargées de Diatomées et de calcaire suivant les points, ont été leur propre source de silice au moment de la formation des meulières, et le problème se trouve singulièrement simplifié, tout en revêtant une grande analogie avec celui des silex de la craie. De part et d'autre, la silice se réclame d'une origine organique.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la conductibilité et les courants électriques de l'atmosphère*. Note de MM. **Ch. Maurain**, **E. Salles** et **G. Gibault**, présentée par M. Daniel Berthelot.

I. Le champ électrique de l'astmosphère est enregistré de manière continuelle à la Station électrique et magnétique de l'Institut de Physique du Globe au Val-Joyeux depuis le 1er mars 1923. Nous avons présenté à l'Académie les résultats d'une première année d'observation de ce champ [1]. L'installation a été doublée, au début de 1924, et comprend deux appareils identiques mais de sensibilités différentes : l'appareil le plus sensible enregistre avec détail les variations ordinaires du champ; quand celui-ci est très grand, la trace sort du papier, mais le deuxième appareil, moins sensible, donne alors la valeur du champ. Le tableau suivant indique les valeurs mensuelles moyennes du champ F en volts par mètre pour les deux premières années d'observation; elles sont en général légèrement plus fortes que celles indiquées dans notre première Communication, dans le calcul desquelles manquaient alors les valeurs du champ les plus fortes. La moyenne générale est $94,3\,\frac{\text{volts}}{\text{mètre}}$, au lieu de 89,5 donnée d'abord.

Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
139,0	109,4	102,7	79,7	76,6	71,5	80,7	77,0	77,3	74,0	98,0	145,3

II. En 1913 ont été commencées aussi des mesures de conductibilité, qui ont d'abord subi quelques interruptions par suite de modifications apportées à l'appareil, et qui sont faites régulièrement depuis le 1er janvier 1924. Les conductibilités positive (ions +) et négative (ions —) sont mesurées trois fois par jour, à 9h, 13h et 17h. L'appareil est du type à condensateur cylindrique; l'air est aspiré dans le cylindre qui constitue l'armature extérieure par un moulinet commandé à la main; la décharge de l'armature intérieure est suivie à l'aide d'un électromètre à feuilles.

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2112.

Le tableau suivant donne, pour 1924, les moyennes mensuelles des conductibilités positive et négative λ et λ' en unités électrostatiques C. G. S., la conductibilité totale $\lambda + \lambda'$ et le rapport $\frac{\lambda}{\lambda'}$:

	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année.
λ	$0,38.10^{-4}$	0,37	0,565	0,79	0,97	0,91	1,12	1,12	0,99	0,80	0,54	0,52	0,756
λ'	$0,35.10^{-4}$	0,32	0,513	0,80	0,92	0,82	0,96	0,94	0,83	0,71	0,49	0,46	0,676
$\lambda + \lambda'$	$0,73.10^{-4}$	0,69	1,08	1,59	1,89	1,73	2,08	2,06	1,82	1,51	1,03	0,98	1,43
$\frac{\lambda}{\lambda'}$	1,08	1,16	1,10	0,99	1,05	1,11	1,17	1,19	1,19	1,13	1,10	1,13	1,12

La conductibilité est plus grande en été qu'en hiver, ce qui est l'inverse de ce qui se produit pour le champ électrique. De manière générale, d'ailleurs, ces deux éléments ont tendance à varier de façons inverses. La conductibilité atmosphérique étant un élément assez variable, plusieurs années d'observations sont nécessaires pour préciser la variation annuelle; par exemple, la conductibilité a été en janvier et février 1925 notablement plus grande et en mars et avril un peu plus faible au contraire, que pendant les mois correspondants de 1924.

Le rapport $\frac{\lambda}{\lambda'}$ est généralement supérieur à 1; sa valeur moyenne est 1,12. Comme la mobilité des ions — est un peu plus grande que celle des ions +, le fait que $\frac{\lambda}{\lambda'}$ est supérieur à 1 nécessite la présence d'un nombre d'ions + notablement plus grand que celui des ions —.

III. Connaissant la valeur du champ électrique atmosphérique F et celle de la conductibilité $\lambda + \lambda'$ au même moment, on peut en déduire l'intensité du courant électrique dû au transport des ions sous l'action du champ. Ce courant, généralement vertical, a, par centimètre carré, une intensité en unités E. S.,

$$i = \frac{F}{3}(\lambda + \lambda').10^{-4}.$$

En ne prenant que les valeurs de l'intensité correspondant à un champ et par suite à un courant dirigés vers le bas, ce qui est de beaucoup le cas le plus fréquent, on obtient pour 1924 les valeurs moyennes mensuelles suivantes :

Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
$3,19.10^{-7}$	2,70	3,56	4,57	4,77	5,19	6,51	6,31	4,83	5,22	5,38	4,43

dont la moyenne générale est $4,7.10^{-7}$. Cette intensité très faible corres-

pond à $1,57.10^{-6}$ ampère par kilomètre carré, soit environ 1 ampère pour toute la France.

Ce débit d'électricité perpendiculairement au sol est beaucoup plus faible que les évaluations auxquelles on arrive par des considérations relatives au champ magnétique terrestre; ces considérations ont conduit l'un de nous, en collaboration avec Mme de Madinhac (¹), à une intensité environ 2000 fois plus forte que la précédente, pour l'ensemble de la France. Cette comparaison montre qu'il s'agit là de phénomènes différents; cela est rendu manifeste, d'ailleurs, par le fait que les courants verticaux évalués par la méthode magnétique sont dirigés vers le haut dans les régions de latitude élevée et vers le bas dans les régions de faible latitude, alors que le champ électrique et le courant qu'il provoque sont partout dirigés, la plupart du temps, vers le bas. On pourrait supposer, par exemple, que le débit d'électricité évalué par la méthode magnétique est constitué par un rayonnement corpusculaire extrêmement pénétrant, traversant les corps conducteurs même épais.

Les particularités présentées par les observations dont les résultats généraux ont été donnés ci-dessus seront exposées ailleurs. Nous indiquerons seulement que la visibilité a été déterminée au moment de chaque mesure de conductibilité; les résultats manifestent avec beaucoup de netteté que, de manière générale, la visibilité est d'autant meilleure que la conductibilité est plus grande.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Rutacées. Développement de l'embryon chez le* Ruta graveolens *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Les quatre premières cellules embryonnaires du *Ruta graveolens* se disposent le plus souvent comme le montre la figure 4. Les deux éléments supérieurs juxtaposés proviennent de la cellule apicale et les deux éléments inférieurs superposés de la cellule basale du proembryon bicellulaire (*fig.* 1, 2, 3). La cellule apicale se partage assez fréquemment par une paroi oblique (*fig.* 9); elle peut aussi se diviser transversalement en deux éléments superposés (*fig.* 7); d'autre part, la cellule basale peut devancer, dans ses segmentations, la cellule apicale au point que cette dernière peut

(¹) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1046.

être encore indivise quand l'une des deux cellules-filles de la première s'est déjà segmentée.

Aux stades suivants, la cellule *ci* se divise par une paroi transversale en deux éléments *n* et *n'*; ceux-ci se partagent ensuite par des cloisons le plus souvent horizontales, mais quelquefois nettement verticales (*fig.* 26). La cellule *m* se cloisonne,

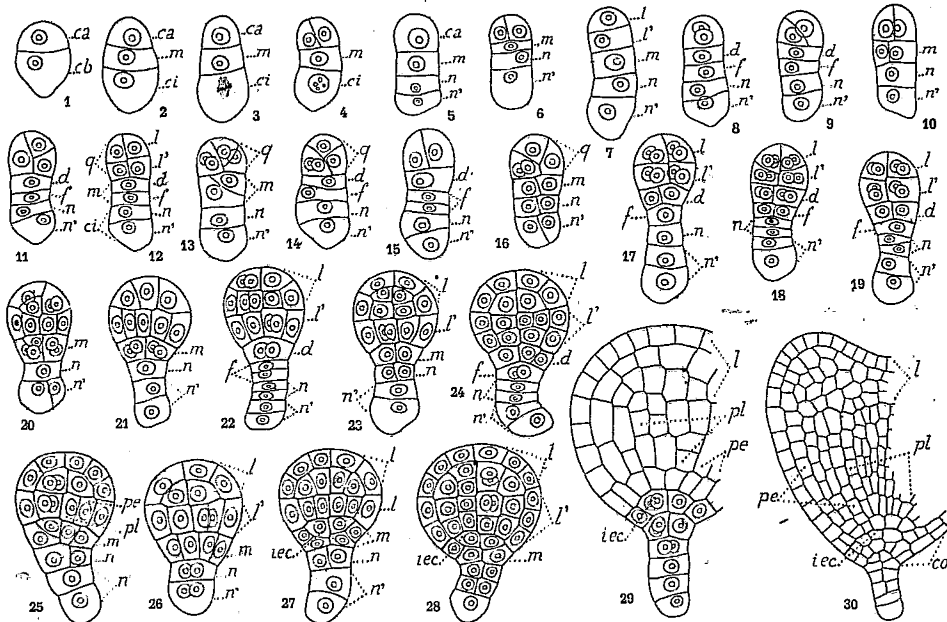


Fig. 1 à 30. — *Ruta graveolens* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou les deux cellules inférieures superposées de la tétrade; *q*, quadrants; *l* et *l'*, cellules-filles superposées de *ca*, correspondant aux octants supérieurs et inférieurs ou aux parties cotylée et hypocotylée; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *pe*, périblème, *pl*, plérome; *co*, coiffe. G. = 340; 170 pour la figure 30.

en règle générale, horizontalement pour donner deux éléments superposés *d* et *f*; elle peut aussi se diviser par une paroi méridienne en deux cellules juxtaposées (*fig.* 10, 16), ou enfin, se segmenter obliquement comme le démontre la figure 13. Quant aux deux cellules supérieures, si elles sont juxtaposées (*fig.* 4, 6), elles donnent naissance, par segmentations transversales, à quatre cellules quadrants nettement disposées dans un plan vertical; si elles sont superposées (*fig.* 7), elles se divisent longitudinalement et engendrent des quadrants pareillement disposés dans un plan vertical; si elles sont séparées par une cloison oblique (*fig.* 9), l'une se divise horizontalement (*fig.* 11), l'autre verticalement (*fig.* 13, 14, 16), de sorte que les quatre quadrants, issus de ces deux cinèses, viennent occuper les quatre sommets d'un tétraèdre.

La forme octocellulaire qui se rencontre le plus fréquemment est celle de la figure 12.

Les quatre quadrants, par segmentations méridiennes, donnent naissance à quatre octants supérieurs qui représentent la partie cotylée et à quatre octants inférieurs qui correspondent à l'hypocotyle (*fig.* 17). Quand les quadrants sont en tétraèdre, ceux qui sont superposés se divisent verticalement, les deux autres horizontalement, de manière à donner encore deux étages de quatre octants, *l* et *l'*.

Les figures 20 à 28 permettent de se rendre compte de la marche des segmentations dans les octants supérieurs et inférieurs; elle offre de grandes analogies avec celle qui a été décrite au sujet des Crucifères. Les premières parois, néanmoins, ne sont pas toujours tangentielles; elles sont souvent parallèles au plan équatorial (*fig.* 22) ou à l'un des plans méridiens (*fig.* 21), ce qui entraîne la différenciation plus tardive du dermatogène. Le périblème et le plérome n'apparaissent nettement séparés qu'au moment de la croissance des cotylédons.

Il se constitue un tissu hypophysaire véritable aux dépens, soit de la cellule *m*, quand celle-ci se segmente verticalement, soit de la cellule *d*, quand *m* se cloisonne tout d'abord transversalement. Les deux éléments juxtaposés que donnent l'une ou l'autre de ces cellules (*fig.* 10, 16, ou *fig.* 17, 19, 22) se segmentent verticalement pour donner quatre cellules circumaxiales (*fig.* 21) qui se partagent plus tard par des parois tangentielles s'appuyant, tontôt sur la paroi méridienne (*fig.* 20, 25), tantôt sur la paroi horizontale inférieure (*fig.* 24, 26). Dans ce dernier cas, il ne tarde pas à s'établir, dans les cellules intérieures, des cloisons transversales qui font apparaître, comme dans le cas précédent, deux assises cellulaires (*fig.* 27, 28); les cellules supérieures, *iec*, représentent les initiales de l'écorce au sommet radiculaire; les cellules inférieures, périphériques, constituent le primordium de la coiffe.

C'est à l'embryon des Renonculacées que semble se rattacher le plus naturellement celui du *Ruta graveolens*. Les quatre éléments de la tétrade proembryonnaire présentent dans les deux cas, d'une manière tout à fait générale, une disposition et des destinées identiques. Néanmoins, quelques différences apparaissent au cours du développement: les plus importantes résident dans l'inconstance des règles qui président aux premières segmentations, dans la disposition verticale des quadrants et dans l'organisation bien plus nette des tissus embryonnaires à l'extrémité radiculaire.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la lumière sur les Mousses.* Note de **Ad. Davy de Virville**, présentée par M. Molliard.

Il suffit d'observer les Mousses, dans la nature, pour voir que la lumière exerce une grande influence sur leur répartition ainsi que sur leur forme et leur structure. Pour établir rigoureusement le rôle propre de ce facteur, j'ai cultivé des Mousses, pendant au moins six mois, sous des cloches où la lumière était plus ou moins atténuée suivant le nombre et l'épaisseur des couches de peinture qu'on leur avait appliquées. L'obscurité était réalisée

dans une caisse de zinc à double paroi, du modèle décrit par M. Jean Friedel. Ces cloches et cette caisse, munies d'orifices par où l'air pouvait circuler librement, étaient constamment arrosées d'eau froide. Elles présentaient donc, au même moment, la même température et le même état hygrométrique à quelques degrés près. Je désigne par 4, 3, 2, 1 et 0 les éclairements allant en décroissant depuis la lumière solaire directe (4) jusqu'à l'obscurité complète (0) que j'ai ainsi réalisés. Ces éclairements, mesurés avec le radiomètre gradué de 0 à 15 que M. Fernand Obaton et moi avons déjà utilisé pour étudier l'épanouissement des fleurs, sont définis par les degrés suivants obtenus par une journée de plein soleil :

Éclairement..........	4	Lumière.............	11
»	3	»	7
»	2	»	3
»	1	»	2
»	0	»	0

A ces divers éclairements, j'ai placé comparativement des tiges de Mousses d'espèces variées qui, dans la nature, paraissent avoir des besoins en lumière fort différents. Voici les principanx résultats que j'ai obtenus:

La lumière solaire directe est nettement défavorable au développement de toutes les Mousses, même de celles qui se développent au soleil de préférence, comme le *Rhacomitrium lanuginosum.* L'éclairement optimum pour le développement de la tige n'est pas le même pour toutes les mousses : il est en trois pour les espèces de soleil : type *Rhacomitrium lanuginosum;* et en deux pour les espèces d'ombre : type *Mnium undulatum.* Les mêmes observations s'appliquent au développement de la feuille ; de plus, on peut remarquer que l'optimum lumineux n'est pas ordinairement le même pour ces deux organes.

La ramification des tiges s'atténue toujours avec la diminution de l'éclairement; à une faible lumière, et surtout à l'obscurité, elle disparaît, ce qui modifie complètement le port de beaucoup d'espèces, en particulier celui des Hypnacées. De même le cylindre central des tiges qui en possèdent naturellement se réduit de plus en plus et les cellules épidermiques et hypodermiques perdent progressivement leurs épaississements.

Mais ce sont principalement les feuilles qui sont modifiées par la diminution de la lumière. Leur taille se réduit énormément : les feuilles du *Polytrichum formosum* et du *Mnium undulatum* développées à l'obscurité deviennent de cinq à dix fois plus petites et ressemblent aux écailles que l'on peut observer normalement sur la partie souterraine des tiges de ces espèces. Au lieu de se recouvrir étroitement les unes les autres, les feuilles

s'espacent et s'étalent. Les dents s'atténuent. Les poils ou acumens terminaux disparaissent. J'ai ainsi obtenu des feuilles qui présentent une partie des caractères décrits par Géneau de Lamarlière et surtout par M. Maheu chez les Muscinées des cavernes.

La forme des cellules change et tend à devenir rectangulaire-allongée. Les cellules longues et flexueuses des *Hypnum* se raccourcissent, alors que les cellules isodiamétriques de beaucoup d'Acrocarpes s'allongent. Chez une même espèce qui, comme le *Mnium undulatum* présente une marge formée de cellules longues et un limbe formé de cellules courtes, on voit les premières se raccourcir, et les secondes s'allonger, si bien que cette marge disparaît.

La structure anatomique est naturellement modifiée. Les membranes deviennent très minces; les hypodermes et tous les tissus épaissis perdent ce caractère. La nervure diminue. Les lamelles des feuilles de Polytric dont la forme est utilisée pour la distinction des espèces se réduisent et, à l'obscurité, disparaissent.

La chlorophylle diminue aussi bien à la lumière solaire directe où les tiges feuillées sont d'un vert jaunâtre qu'à l'obscurité où elles sont décolorées. Il y a donc un éclairement optimum, variable suivant les espèces où les chloroplastes sont les plus gros et les plus nombreux. A l'obscurité, ils sont toujours minuscules, au nombre d'un ou de deux par cellules ordinairement.

Le protoplasme devient toujours hyalin lorsque la lumière s'atténue, même dans les espèces où il est normalement le plus granuleux. Ce résultat me paraît particulièrement intéressant : car il montre que tout ce qu'on peut espérer d'une véritable science nouvelle : la *cytologie expérimentale*.

De tous ces faits il résulte que la lumière modifie beaucoup le port, la taille, la couleur, la forme et la structures des Mousses. Avec l'atténuation et surtout la suppression de l'éclairement, on voit disparaître progressivement les caractères distinctifs dont plusieurs espèces tirent leurs noms spécifiques. L'*Hypnum cuspidatum* n'est plus pointu; l'*Hypnum squarrosum* n'est plus squarreux; le *Thyidium tamariscinum* ne ressemble plus à un tamaris en miniature; le *Mnium undulatum* n'a plus de feuilles ondulées; le *Rhacomitrium lanuginosum*, ayant perdu ses poils, n'est plus laineux.

Des résultats aussi nets montrent suffisamment l'action du milieu en général et, plus spécialement, celle de la lumière sur la forme actuelle des espèces et sur leur évolution, comme le prévoyait jadis Lamarck et comme l'a démontré expérimentalement, le premier, Gaston Bonnier.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Réaction ionique des différents constituants de l'œuf de la Poule. Ses modifications au cours de l'incubation.* Note de

M[lle] **France Gueylard** et de M. **P. Portier**, présentée par M. L. Joubin.

Nous possédons actuellement des documents nombreux et précis sur la réaction ionique des liquides et des tissus des êtres vivants.

Mais en raison de difficultés d'ordre technique, nous sommes beaucoup moins renseignés sur le PH_H des différentes parties de la cellule. Il semble cependant bien probable *a priori* que les différents constituants morphologiques de la cellule, à l'état d'activité, doivent posséder des réactions ioniques différentes.

Telle est l'idée directrice qui nous a incités à étudier la réaction ionique de l'œuf d'oiseau dont les grandes dimensions permettent de séparer les diverses parties.

Nous avons aussi suivi les variations de la réaction ionique dans les tissus de l'embryon qui s'édifie, dans son sang et dans le mélange des liquides amniotique et allantoïdien.

L'incubation d'œufs de poules fraîchement pondus a été faite dans une étuve à température constante, réglée aux environs de 38°.

Les déterminations ont été faites au moyen de la méthode électrométrique et contrôlées, pour le blanc, par la méthode colorimétrique.

Elles sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Durée de l'incubation.	PH_H du blanc.	PH_H du jaune.	PH_H des liquides amniotique et allantoïdien.	PH_H des tissus de l'embryon.	PH_H du sang de l'embryon.
Œuf non incubé	7,93	5,39	"	"	"
Œuf non incubé	8,1	5,56	"	"	"
18 heures	8,69	4,37	"	"	"
48 »	8,60	5,73	"	"	"
6 jours	"	7,54	"	"	"
10 »	7,25	6,83	7,33	6,91	"
13 »	"	7,42	6,91	6,86	"
14 »	"	7,08	6,12	5,13	"
17 »	"	4,29	6,01	5,30	8,43
17 »	"	3,95	6,06	6,40	"
18 »	"	5,64	6,15	7,16	8,09

Conclusions. — Avant tout développement et pendant les premiers jours

de l'incubation, il y a une différence très marquée entre le blanc, qui présente une réaction ionique très alcaline, et le jaune qui a, au contraire, une réaction nettement acide. Dans la suite du développement, les réactions de ces deux constituants convergent vers la neutralité, qu'elles semblent atteindre vers le 10e jour.

Vers le 17e jour, le jaune redevient acide et reprend en même temps la consistance visqueuse qu'il avait au début de l'incubation.

Le mélange des liquides amniotique et allantoïdien reste constamment dans une zone voisine de la neutralité ou même d'une faible acidité.

Les tissus de l'embryon, broyés dans l'eau distillée, donnent un liquide presque toujours nettement acide.

Quant au sang, il ne devient assez abondant, pour une détermination, qu'à la fin de l'incubation. Il est alors sensiblement plus alcalin que celui de l'oiseau après l'éclosion.

HISTOLOGIE. — *Sur la morphologie du muscle strié en état de contracture chloroformique, chez la grenouille.* Note de M. J. **Nageotte**, présentée par M. d'Arsonval.

Le raccourcissement musculaire que provoque le chloroforme a été étudié au point de vue physiologique; ses particularités anatomiques feront l'objet de la présente Note.

Je me suis servi du couturier de la grenouille (*Rana temporaria*), détaché, étalé sur une lame de verre et exposé, en chambre humide, aux vapeurs de chloroforme. L'éther produit, plus faiblement, des effets analogues. La fixation a été obtenue par l'alcool absolu et par le liquide de Carnoy.

La contraction chloroformique est très lente dès le début et se ralentit progressivement pendant toute sa durée; au bout de 3 minutes le muscle ne s'est raccourci que de moitié et il lui faut environ 45 minutes pour atteindre son raccourcissement extrême, qui dépasse 80 pour 100; ce taux est supérieur à celui observé dans les deux sortes de contraction extrême que j'ai étudiées précédemment (contraction faradique et contraction consécutive à la congélation) [1].

La contraction n'est réversible que dans ses premières phases, pendant lesquelles le muscle reste excitable électriquement; bientôt l'inexcitabilité survient, ce qui n'empêche pas la contracture chloroformique de s'achever.

---

[1] *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 761 et 954.

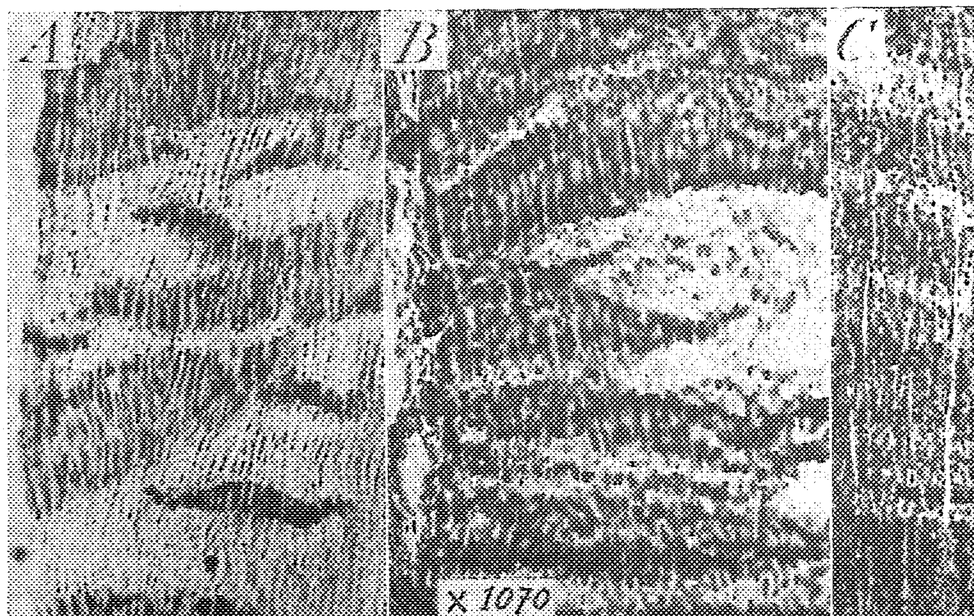
D'ailleurs le chloroforme fait encore contracter le muscle atteint de rigidité cadavérique; son action ne cesse qu'après la résolution de cette rigidité. Suivant Bethe ([1]), le chloroforme n'agirait probablement pas en excitant le muscle, c'est-à-dire en provoquant la mise en liberté de la « substance contracturante » normale; il serait lui-même une substance contracturante, capable de faire raccourcir directement les myofibrilles; il amènerait directement « un nouvel état d'équilibre dans l'appareil contractile », sans produire de « travail interne ». C'est pourquoi la tension du muscle, qui n'est guère inférieure — et qui est même parfois supérieure — à celle que développe le tétanos faradique, se maintient sans fatigue jusqu'au début de la putréfaction. Nous verrons plus loin les conséquences anatomiques de cette particularité physiologique.

Quel que soit le mode de contraction musculaire que l'on étudie, l'agent mécanique est toujours visiblement la myofibrille et, de plus, le raccourcissement de cette myofibrille a toujours les mêmes caractères. Que les muscles soient fixés en tétanos isométrique à divers taux de raccourcissement, ou bien en différents états de contracture réversibles ou irréversibles, les phénomènes histologiques élémentaires observés dans les segments répondant au taux de raccourcissement et ne varient pas suivant la cause qui a provoqué ce raccourcissement. Les différences dans les aspects histologiques résultent de particularités secondaires, ou de complications, comme par exemple les phénomènes d'autolyse que j'ai signalés dans la contracture consécutive à la congélation.

Dans la contracture chloroformique, on peut observer toutes les images élémentaires des segments myofibrillaires qui répondent aux divers taux de raccourcissement dans le tétanos faradique. Mais ce qui caractérise cette contracture, c'est l'apparition très précoce de bandes de « contraction extrême » (*fig.* A). Au début ces bandes sont minces; elles sont formées par des portions de fibrilles contractées, épaissies et fortement colorées, dans lesquelles la lumière polarisée permet de constater une striation extrêmement fine; puis cette striation disparaît complètement, les bandes s'élargissent et se multiplient et, bien que le dessin général soit un peu différent, l'aspect ressemble un instant à celui de la contraction extrême faradique ([2]). Mais, dans les dernières phases, la contraction extrême chloroformique se distingue par des caractères importants : les bandes de contraction, généralement hautes, se rapprochent de plus en plus et finissent par se toucher presque (*fig.* B et C). Ceci tient à l'expulsion progressive du

([1]) *Pflügers Archiv*, 199, 1923, p. 491.
([2]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 762, fig. A et B.

plasma musculaire, qui s'est accumulé entre elles durant les premières phases. Cette expulsion donne lieu à un phénomène macroscopique très remarquable, qui apparaît au moment où le muscle s'est raccourci de deux tiers, raccourcissement limite de la contraction extrême faradique. On voit sourdre à la surface du muscle un liquide presque incolore, limpide, un



peu sirupeux; au terme de sa contraction le muscle baigne dans son plasma; celui-ci finit par donner spontanément un coagulum opalin de myosine, formé par des granulations agglomérées.

Dans la contraction extrême faradique, qui est réversible, j'ai montré comment le plasma, chassé des bandes de contraction, s'accumule dans leurs intervalles et bloque la contraction des portions de myofibrilles situées dans ces intervalles. Il ne peut pas y avoir d'expulsion dans ce cas, parce que la fatigue empêche la tension de durer suffisamment pour devenir efficace; mais la tension, forte et soutenue sans fatigue, de la contracture chloroformique, arrive à vaincre lentement l'obstacle opposé à la filtration par la résistance du myolemme.

D'ailleurs l'expulsion est facilitée par des éraillures de cette membrane, que décèle l'apparition de granulations protoplasmiques dans l'intervalle des fibres musculaires. Au cours des états de contraction, comme l'a montré Retzius, et d'une façon particulièrement nette au cours de la contraction

chloroformique, les granulations sont souvent fixées par l'alcool. Dans beaucoup de fibres musculaires en état de contraction chloroformique on voit de nombreux grains, donnant des images en croissant, qui s'accumulent en même temps que le plasma dans les intervalles des bandes de contraction et qui finissent par former des strates entre ces bandes lorsque le plasma a été expulsé (*fig.* B et C); mais en certains points ces granulations réussissent à sortir de la fibre et elles ne peuvent le faire sans effraction.

Ces phénomènes doivent être rapprochés de la déshydratation des tissus sous l'influence des anesthésiques (R. Dubois); dans le cas particulier du muscle, il est certain que l'expulsion du liquide est liée au raccourcissement de la fibre, car elle ne se produit absolument pas lorsque le muscle, exposé aux vapeurs de chloroforme, est empêché mécaniquement de se raccourcir.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à la défécation du moût de pommes.* Note de MM. E. KAYSER et H. DELAVAL, présentée par M. Lindet.

On remédie aux difficultés que présente souvent la coagulation spontanée du jus de pommes, avant fermentation, en mélangeant des variétés douces et acides, et en additionnant de sels défécants (Ca) ou encore par l'apport de moûts riches en pectase (poires); celle-ci dépend de l'état de maturité des pommes, de leur composition, richesse en acides et sels, de la température, enfin de la proportion de diastases coagulantes présentes.

Nous avons voulu voir si le manque de coagulase dans le moût de pommes ne pouvait être suppléé par les diastases contenues dans l'extrait d'orge crue ou germée.

Les matières pectiques ont beaucoup d'analogie avec les matières amylacées; Bourquelot et Hérissey ont déjà signalé ([1]) l'existence, dans l'orge germée, d'un ferment soluble transformant la pectine en sucres; d'autre part Fernbach et Wolff nous ont fait connaître ([2]) une coagulase existant seule dans le moût d'orge, mais associée à l'amylase et à la dextrinase dans le moût de malt; ces savants ont montré qu'une liquéfaction insuffisante était aussi impropre à la coagulation de l'amidon qu'une solubilisation trop avancée.

Nos essais ont été effectués avec des pommes à cidre des récoltes 1923

([1]) *Comptes rendus*, **127**, 1898, p. 191.
([2]) *Comptes rendus*, **137**, 1903, p. 718.

et 1924. Nous avons constaté que la coagulation du moût de pommes était, en général, plus rapide aux températures comprises entre 40 à 48° et que l'addition d'extraits d'orge ou de malt la favorisait.

	Coagulation à	
	17°.	48°.
Addition de 1,5 pour 100, extrait de malt..........	18h	6h
» 3 » »	12	4

Les témoins étaient encore troubles après 48 heures.

Dans nos différents essais portant sur 10^{cm^3} de moût, nous avions un témoin (A), sans aucune addition; B (addition de 1^{cm^3}, extrait de malt non chauffé, amylase + coagulase); C (extrait de malt chauffé à 65°, coagulase détruite); D, $0^{cm^3},5$ extrait de malt chauffé à 65° (amylase) + $0^{cm^3},5$ extrait orge non chauffé (coagulase); E, 1^{cm^3} extrait d'orge (coagulase seule). La macération de malt et d'orge se faisait en présence de toluène pour éviter les actions microbiennes.

Expérience I.

	Coagulation à			
	17°.		47°.	
A (témoin)..........................	trouble	48h	trouble	48h
B »	clair	24	clair	12
C »	trouble	48	trouble	48
D »	clair	24	clair	12
E »	clair	24	clair	12

Expérience II : Mélange de diverses variétés de pommes. — A 40°, après 6 heures, défécation dans B, D, E; à 20°, après 18 heures, défécation dans B, D, E; A et C restent troubles.

Expérience III : Variété Rouge Duret. — La défécation commencée à 40°, après 6 heures, était parfaite après 18 heures dans B, D, E; à 20° elle était sensible après 20 heures; A et C restent troubles.

Nous avons essayé de remplacer l'action du chauffage des extraits par les antiseptiques en masse (formol et toluène); un tube témoin A, un tube B additionné d'extrait d'orge avec antiseptique, un autre C additionné du même extrait non chauffé, sans antiseptique.

Seuls les tubes C étaient clairs après 2 heures, A et B restaient troubles.

Afin de voir l'action de l'acidité sur la coagulase, nous avons additionné le moût de pommes de diverses doses d'acide malique; des doses variant entre 2,5 à 3,5 pour 1000 d'acide malique ne gênaient pas la coagulase.

Ces moûts témoins restaient troubles, les autres étaient déféqués à 40° après 4 heures; il est certain que le degré d'ionisation, les tampons, la variété de pommes jouent ici un rôle.

L'addition de ces extraits n'a guère influencé la valeur des P_H déterminé électrométriquement, elle amenait une certaine décoloration dépendant de la variété de pommes. L'emploi de ces extraits, en infime quantité, à l'*état concentré* pourra rendre des services dans la défécation du moût de pommes; elle suffit pour provoquer la coagulation, apporte en outre de l'azote aux levures, enrichit les lies et les écumes en azote, augmente leur valeur à différents égards, sans occasionner un changement de goût.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en oxygène de la méthémoglobine.* Note [1] de MM. **Maurice Nicloux** et **Jean Roche**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les réactifs les plus divers, minéraux ou organiques, oxydants ou réducteurs, alcalins, acides ou neutres, transforment l'oxyhémoglobine en méthémoglobine et l'on admet généralement que ce dernier pigment renferme autant d'oxygène que l'oxyhémoglobine, mais combiné différemment.

Cette donnée classique, qui repose sur les expériences déjà anciennes de Hüfner (1883) dont l'interprétation prête à de sérieuses critiques, n'a pas été admise par tous les biologistes et, suivant les expérimentateurs, la méthémoglobine a été considérée tour à tour comme un peroxyde ou un sous-oxyde de l'oxyhémoglobine. Il résulte cependant de travaux récents, dont l'un, dû à Quagliariello [2], mérite une attention particulière, que la méthémoglobine renferme la moitié de l'oxygène de l'oxyhémoglobine, mais la démonstration apportée par cet auteur n'est encore, à notre avis, qu'indirecte et il nous a paru que, seule, la mesure même de la quantité d'oxygène contenu dans la méthémoglobine serait irréfutable, son interprétation ne pouvant prêter à aucune ambiguïté. C'est justement cette mesure que nous avons pu réaliser; elle nous permet d'affirmer aujour-

---

(1) Séance du 2 juin 1925.

(2) G. Quagliariello. *Sul contenuto in ossigeno della metemoglobina* (*Archivio delle Scienze biologiche*, 5, 1923, p. 193-208). Cet auteur méthémoglobinise l'oxyhémoglobine par l'action des acides dilués et mesure la quantité d'oxygène libéré au cours de cette transformation. On trouvera dans ce travail la bibliographie.

d'hui, et cette fois d'une façon définitive, que la méthémoglobine renferme la moitié de l'oxygène de l'oxyhémoglobine.

Le principe de nos expériences est d'une extrême simplicité : sur un échantillon de méthémoglobine ([1]) on fait agir une quantité déterminée d'un réducteur, insuffisante toutefois pour produire la réduction complète du pigment ; on enlève ainsi à la méthémoglobine une quantité connue a d'oxygène, en même temps qu'une partie seulement du pigment se transforme en hémoglobine. L'hémoglobine ainsi formée est alors mise au contact d'oxyde de carbone pur ([2]) et l'on mesure la quantité de CO fixé qui serait également, cela va sans dire, le volume d'oxygène fixé. On trouve aux erreurs d'expériences près que ce volume est égal à $2a$. Ainsi, *l'hémoglobine formée aux dépens de la méthémoglobine par soustraction d'un volume a d'oxygène, régénère de l'oxyhémoglobine* ([3]) *renfermant le volume 2a d'oxygène*, c'est-à-dire que la méthémoglobine renferme la moitié de l'oxygène de l'oxyhémoglobine.

Mode opératoire. — Les expériences, assez délicates en raison de la difficulté de manipuler à l'air un réducteur énergique, nécessitent quelques précautions que nous indiquerons.

Préparation du réducteur. — Le réducteur employé a été l'hydrosulfite de sodium industriel. On en fait une solution à 2 pour 1000 dans de l'eau bouillie, légèrement ammoniacale (0^{cm^3},8 d'ammoniaque concentrée par litre), que l'on titre au moyen du sulfate de cuivre ammoniacal, selon Schützenberger ([4]). L'hydrosulfite de sodium dans la burette est sous une couche d'huile de vaseline, et le titrage (décoloration de SO^4Cu ammoniacal) pratiqué également sous l'huile de vaseline. On aura soin d'opérer rapidement. La solution d'hydrosulfite ainsi préparée est telle qu'elle peut soustraire 0^{cm^3},2 d'oxygène par centimètre cube employé. Elle ne s'altère pratiquement pas pendant le temps que demande une expérience.

Réduction de la méthémoglobine et mesure de l'oxyde de carbone fixé. — La réduction de la méthomoglobine s'effectue ainsi : dans un flacon de 100 à 110^{cm^3}, on introduit 10^{cm^3} de méthomoglobine; on remplit le flacon d'acide carbonique pur et

---

([1]) Préparée par la méthode indiquée par l'un de nous : il suffit d'ajouter au sang le dixième de son volume d'alcool et de l'abandonner à lui-même en présence d'oxygène. Le sang méthémoglobinisé que nous avons utilisé renfermait 96,3 pour 100 de méthémoglobine.

([2]) On sait que la méthémoglobine ne forme aucune combinaison aussi bien avec l'oxygène qu'avec l'oxyde de carbone.

([3]) Plus exactement de la carboxyhémoglobine, mais l'on sait que l'hémoglobine, Hb, fixe le *même volume* d'oxygène ou d'oxyde de carbone pour donner respectivement HbO^2 et $HbCO$.

([4]) La solution de sulfate de cuivre est à 22^g,3 par litre de sel cristallisé, dissous dans l'eau et additionnée d'un excès d'ammoniaque. 1^{cm^3} représente 1^{cm^3} d'oxygène.

l'on fait écouler au moyen d'un tube effilé et au sein même de la méthémoglobine un volume connu de la solution d'hydrosulfite. La réduction de la méthémoglobine en hémoglobine est immédiate, on laisse en contact une minute. On se débarrasse de CO^2 par le vide et on lui substitue de l'oxyde de carbone pur. On agite une heure, on élimine l'oxyde de carbone *dissous* par le vide, après quoi on détermine la quantité d'oxyde de carbone fixé par la technique habituelle : extraction des gaz au moyen de l'appareil de Nicloux suivie de leur analyse eudiométrique ou micro-eudiométrique.

Nous réunissons nos résultats dans le tableau suivant :

	Hydrosulfite ajouté $1^{cm^3} = 0^{cm^3},2$ d'oxygène.	Oxygène soustrait à la méthémoglobine (A).	Oxyde de carbone remplaçant l'oxygène soustrait (B).	Rapport $\frac{B}{A}$.
	cm³	cm³	cm³	
Expériences I et II	1,3	0,26	0,54	2,1
	2,5	0,5	0,96	1,9
Expériences III et IV	1,5	0,3	0,54	1,8
	3	0,6	1,14	1,9

Les chiffres obtenus par le rapport $\frac{B}{A}$ sont très voisins du chiffre théorique, 2; les différences sont de l'ordre des erreurs des expériences elles-mêmes. En ce qui concerne les expériences III et IV, faites parallèlement, il semble qu'une petite erreur systématique en moins se soit introduite dans la mesure de l'oxyde de carbone fixé; mais si, au lieu de considérer les chiffres absolus, on prend leur différence, ce qui entraîne l'élimination de cette erreur, on trouve que pour $0,6 - 0,3 = 0^{cm^3},3$ de O^2 soustrait, il y a $1,14 - 0,54 = 0^{cm^3},6$ de CO fixé, *c'est exactement le double.*

Par ailleurs nous avons contrôlé la solution d'hydrosulfite en la faisant réagir non plus sur la méthémoglobine mais sur l'oxyhémoglobine. A cet effet, un volume déterminé, $2^{cm^3},5$ et 5^{cm^3}, a été ajouté à 10^{cm^3} de sang de bœuf frais dont nous venions de déterminer la teneur en oxygène (1). La réduction partielle est immédiate, et un second dosage d'oxygène permet par différence de mesurer la quantité d'oxygène disparu. On trouve :

Pour $0^{cm^3},5$ d'oxygène soustrait par l'hydrosulfite....... $0^{cm^3},53$ d'oxygène disparu,
— 1^{cm^3} d'oxygène soustrait par l'hydrosulfite....... $1^{cm^3},05$ d'oxygène disparu.

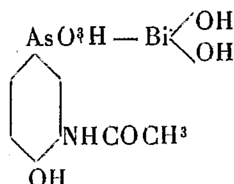
L'oxygène enlevé à l'hémoglobine correspond donc bien à la quantité d'hydrosulfite employé.

Conclusion. — Elle est formelle et telle qu'elle a été énoncée plus haut : la méthémoglobine renferme la moitié de l'oxygène de l'oxyhémoglobine.

(1) MAURICE NICLOUX et J. ROCHE, *Dosage de l'oxygène dans le sang* (*C. R. de la Société de Biologie*, t. 92, 1925, p. 1393.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action curative de l'acétyloxyaminophénylarsinate basique de bismuth dans la syphilis expérimentale.* Note de M. C. LEVADITI, présentée par M. Roux.

Lorsqu'on met en présence, dans des conditions déterminées, le sel sodique de l'acide acétyloxyaminophénylarsinique (Stovarsol) (27 pour 100 As) et le bismutho-tartrate sodico-potassique (30 pour 100 Bi), tous deux en solution aqueuse concentrée, il se forme un précipité blanc abondant. Ce précipité, lavé à plusieurs reprises et desséché à 56°, donne une poudre blanc jaunâtre, amorphe, insoluble dans l'eau, soluble dans les alcalis caustiques. L'analyse chimique montre qu'il s'agit d'un corps nouveau, l'*acétyloxyaminophénylarsinate basique de bismuth*



contenant 41 pour 100 de Bi et 15 pour 100 d'As ([1]) (quantités calculées : Bi = 40,2 pour 100; As = 14,5 pour 100).

Étant donnée la présence simultanée d'une forte proportion de bismuth et d'une assez grande quantité d'arsenic dans ce composé, nous avons pensé qu'il était intéressant d'en étudier les propriétés thérapeutiques dans la syphilis, la spirillose des poules et le Nagana de la souris. Nous apportons l'ensemble de nos recherches, poursuivies depuis octobre 1924.

Syphilis expérimentale. — Le dérivé a été utilisé en suspension, soit dans l'eau salée isotonique (floculat), soit dans l'huile (concentration : 10^g pour 100). L'injection a été pratiquée dans le muscle du râble.

A. *Floculat en suspension dans l'eau salée.* — Teneur en Bi : $0^g,0125$ par centimètre cube; en As : $0^g,00457$.

Lapin 50 : lésions intenses, riches en tréponèmes. P. = 3330^g. Reçoit 1^{cm^3} par kilogramme, soit $0^g,0125$ Bi-métal, et $0^g,0045$ As, le 12 octobre 1924. Guérison complète et définitive en 4 jours, sans perte de poids.

Lapin 51 B : lésions intenses, riches en parasites. P. = 2700^g. Reçoit $0^{cm^3},5$ par

([1]) Les analyses ont été effectuées par M. Tréfouel et Mlle Manin.

kilogramme, soit $0^g,0062$ Bi-métal, et $0^g,00225$ As, le 23 octobre 1924. Guérison complète et définitive en 5 jours.

Lapin 12 D : lésions intenses, riches en tréponèmes. P. = 2900^g. Reçoit $0^{cm^3},1$ par kilogramme, soit $0^g,00125$ Bi-métal et $0^g,00045$ As, le 23 octobre 1924. Guérison complète et définitive en 5 jours.

Enfin, chez un lapin qui reçut $0^{cm^3},05$ ($0^g,00062$ Bi-métal), l'action du médicament fut nulle.

Il en résulte que le *dérivé arséno-bismuthique, à l'état de floculat en suspension aqueuse, exerce une action curative dans la syphilis expérimentale, à la dose d'un milligramme et demi Bi-métal par kilogramme de poids vif*. Le rapport $\frac{C}{T}$ est supérieur à 1 : 10 (*calculé en Bi*).

B. *Suspension huileuse* (10 pour 100, soit $0^g,041$ Bi et $0^g,015$ As par centimètre cube).

Lapin 76 D, porteur de chancres scrotaux riches en triponèmes. P. = 2600^g. Reçoit 1^{cm^3} par kilogramme, soit $0^g,041$ Bi et $0^g,015$ As le 12 janvier 1925. Les accidents guérissent rapidement.

Lapin 804 A : lésions intenses, riches en parasites, P. = 1850^g. Reçoit la même dose ($0^g,041$ Bi-métal et $0^g,015$ As (par kilogramme) le 12 janvier 1925. Guérison complète et définitive en 4 jours.

Ces essais montrent que le *dérivé arséno-bismuthique en suspension huileuse agit curativement dans la syphilis expérimentale à la dose de* $0^g,041$ *de Bi-métal par kilogramme de poids vif*.

Nos expériences sur le Nagana de la souris et la spirillose des poules prouvent que le même dérivé agit préventivement et curativement dans ces infections [la dose préventive chez la poule correspond à $0^g,0036$ Bi-métal par kilogramme (1)]

Ces constatations nous ont déterminé à prier MM. Fournier et Schwartz d'appliquer le dérivé arséno-bismuthique au traitement de la syphilis. La présence d'une quantité assez considérable d'arsenic associé au bismuth doit favoriser les effets curatifs de ce dernier métal, en augmentant son pouvoir tréponémicide et en exerçant une influence tonique sur l'organisme, appelée à compenser l'action débilitante du bismuth. Les constatations de MM. Fournier et Schwartz ont confirmé ces données.

---

(1) Nous avons éprouvé les propriétés curatives de notre dérivé dans la syphilis du lapin, par voie buccale. L'action, incontestable, est de beaucoup moins marquée que par injection.

MÉDECINE. — *Action curative de l'acétyloxyaminophénylarsinate basique de bismuth dans la syphilis.* Note de MM. L. **Fournier** et A. **Schwartz**, présentée par M. Roux.

Nous avons employé, chez 20 syphilitiques atteints de chancres ou présentant des accidents secondaires, l'acétyloxyaminophénylarsinate basique de bismuth, dont M. Levaditi nous a confié l'étude. Bien que le nombre des malades ainsi traités soit peu considérable, et bien que le temps écoulé depuis le début du traitement soit encore très court (8 mois), les résultats que nous avons obtenus suffisent pour démontrer la haute valeur antisyphilitique du composé de M. Levaditi.

Dix-neuf malades ont reçu chacun et comme unique traitement, 12 injections intramusculaires de 2^{cm^3} d'une suspension huileuse à 10 pour 100 (soit au total $0^g,984$ bimétal et $0^g,36$ As). Un seul syphilitique a reçu deux séries de 10 injections à un mois d'intervalle. Les injections étaient pratiquées deux fois par semaine. La tolérance a été parfaite; nous n'avons en effet observé ni réaction locale douloureuse, ni réaction générale. Toutefois, un de nos malades a présenté, après 12 injections, un érythème scarlatiniforme du type des érythèmes arsenicaux, sans aucune gravité d'ailleurs. Absence d'albuminurie et d'irritation gingivale.

L'état général de nos malades a toujours été excellent. Nous n'avons pas observé la fatigue, la courbature, l'amaigrissement qu'entraîne l'emploi d'un certain nombre de composés bismuthiques. Sans doute faut-il attribuer à la présence de l'arsenic cette particularité favorable, qui rend le composé utilisable surtout chez les malades affaiblis, amaigris, déprimés.

Action sur le tréponème et sur les lésions. — Les tréponèmes disparaissent du chancre (10 cas) et des plaques muqueuses ou des syphilides érosives (8 cas), de 24 à 48 heures après la première injection; chez deux malades cette disparition a eu lieu après la deuxième piqûre. La cicatrisation des accidents primitifs ou des manifestations secondaires s'est produite rapidement, comme avec les meilleures préparations bismuthiques; même rapide efficacité sur les adénopathies, sur la roséole, sur les éléments papuleux, sur les symptômes généraux (fièvre, courbature), quand ils existaient. Chez 14 malades que nous avons pu suivre pendant les quelques mois écoulés depuis la fin du traitement, nous n'avons constaté aucune récidive.

Action sérologique. — L'action profonde sur la syphilis, se traduisant par

l'atténuation marquée ou la disparition totale de la réaction de fixation, explique la haute efficacité thérapeutique du composé. Chez deux malades présentant une séro-réaction de fixation négative au début du traitement, cette réaction est restée complètement négative par la suite. Sur douze malades ayant une réaction de Bordet-Wassermann et une floculation plus ou moins fortes, six ont fourni une réaction totalement négative, de quelques jours à un mois après la cure. Chez quatre autres, la réaction s'est considérablement affaiblie; enfin, chez deux sujets, la réaction s'est atténuée plus légèrement.

Conclusions. — 1° L'acétyloxyaminophénylarsinate basique de bismuth est parfaitement toléré et ne présente pas les inconvénients ordinaires du traitement bismuthique. L'influence favorable sur l'état général a été des plus nettes;

2° L'action sur le tréponème et les accidents syphilitiques est aussi rapide qu'avec les meilleures préparations antisyphilitiques. Plusieurs mois après une seule cure de douze injections, les lésions n'ont pas récidivé;

3° L'action sur la réaction de fixation et sur la floculation est des plus nettes; la réaction négative peut être obtenue après une seule série de douze injections.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 23 février 1925.)

Note de M. *G. Athanasiu*, Sur la sensibilité des actinomètres à électrodes de mercure :

Pages 587 et 588, *au lieu de* 10^{-4} volt, *lire* partout 10^{-5} volt.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant les troisième et quatrième trimestres 1924, qui n'ont pas été mentionnées sur les listes des premier et deuxième trimestres. (*Suite.*)

Norman Lockyer Observatory (*Director's annual report*). Sidmouth.
Nouvelles macédoniennes. Sofia.
Nuova notarisia. Modena.
Nuovi annali del ministero per l'Agricoltura. Roma.

Oberlin College. Laboratory bulletin. Oberlin.
Obituary notices of fellows of the royal Society. London.
Observatoire Jarry-Desloges (*Observations*). Sétif.
Œuvre internationale de Louvain (*Bulletin*). Louvain.

Papers of the Michigan Academy of science, arts and letters. New-York.
Philosophies. Paris.
Polonia. Paris.
Proceedings and transactions of the Nova Scotian Institute of Science. Halifax.
Proceedings of the Academy of natural sciences of Philadelphia. Philadelphia.
Proceedings of he Royal Institution of Great Britain. London.
Proceedings of the royal Irish Academy. Dublin.
Proceedings of the section of Sciences, Koninklijke Akademie. Amsterdam.
Provincia (*Bulletin trimestriel de la Société de statistique*). Marseille.
Publication du gouvernement général de l'Afrique occidentale française. Paris.
Publications de la Société de chimie biologique. Paris.
Publications du Bureau central sismologique international. Toulouse.
Publications of the Kapteyn astronomical laboratory. Groningen.

Queensland geographical Journal. Brisbane.

Radio review. London.
Rapport du Conseil départemental d'hygiène publique. Évreux.
Reale Istituto lombardo di scienze e lettere (*Rendiconti*). Milano.
Recherches astronomiques. Utrecht.
Recherches et inventions. Paris.
Records of the Geological Survey of India. Calcutta.
Records of the Indian Museum. Calcutta.
Recueil de documents étrangers. Paris.

Recueil des travaux botaniques néerlandais. Utrecht.
Réforme (La) sociale. Paris.
Relevé officiel du chiffre de la population du royaume de Belgique. Bruxelles.
Rendiconti del circolo matematico. Palermo.
Rendiconti e memorie della R. Accademia degli Zelanti. Acireale.
Rendiconto dell' Accademia delle scienze fisiche e matematiche. Napoli.
Report of the aeronautical research Institute. Tokio.
Report of the astronomer royal to the board of visitors. Greenwich.
Report of the commissioner of education for the year. Washington.
Report of the director of the royal Observatory. Hongkong.
Report of the Kodaikanal Observatory. Madras.
Report on the public library system of great Britain and Ireland. Edinburgh.
Results of magnetical, meteorological and seismological Observations. Port-Louis.
Résumé statistique de l'empire du Japon. Tokyo.
Revista americana. Amsterdam.
Revista da Sociedade de geographia do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
Revista de la real Academia de ciencias. Madrid.
Revista del Ministerio de industrias. Montevideo.
Revista do Instituto historico e geographico brasileiro. Rio de Janeiro.
Revue africaine. Alger.
Revue critique de paléozoologie. Paris.
Revue d'Auvergne. Clermont-Ferrand.
Revue de l'Académie arabe. Damas.
Revue de pathologie comparée. Paris.
Revue des indépendants. Paris.
Revue des questions coloniales et maritimes. Paris.
Revue générale de botanique. Paris.
R. I. B. A. Kalendar. London.
Rossiskiey hydrologyskiey Institut. Moskva.

Science reports of the Tohoku imperial University. Sendai.
Scientific papers of the Bureau of Standards. Washington.
Scientific proceedings of the royal Dublin Society. Dublin.
Scripta universitatis atque bibliothecæ hierosolymitanarum. Jerusalem.
Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. Heidelberg.
Sitzungsberichte der mathematisch-physikalische Classe der bayerischen Akademie. Muenchen.
Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften. Berlin.
Slavia. Prague.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JUIN 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER, PUIS DE M. C. LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 25 juin 1925, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Léon Guillet** pour occuper, dans la Division des Applications de la Science à l'Industrie, la place vacante par le décès de M. *Charles Rabut*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Léon Guillet** prend place parmi ses Confrères.

MÉTÉORITES. — *Les météorites de Tuan Tuc (30 juin 1921) et de Phû Hong (22 septembre 1887) en Cochinchine.* Note de M. **A. Lacroix**.

Le 30 juin 1921, une chute de météorite a eu lieu en Cochinchine; une pierre pesant $10^{kg},850$ est tombée dans le village de Tuan Tuc (ouest de la province de Soc-Trang) et une autre, de $2^{kg},330$, à Vinh Luoc, dans le sud de la province de Rach Gia, à environ 40^{km} du point de chute précédent.

M. Ch. Jacob, alors directeur du Service géologique de l'Indochine, et M. Marc Removille ont donné (¹) d'intéressants détails sur cet événement et décrit les caractères extérieurs de ces aérolithes. Il s'agit, en effet, de météorites pierreuses.

(¹) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1373.

Ces météorites ont été recueillies et sont conservées au Service géologique de l'Indochine qui a bien voulu me charger du soin de les décrire. J'ai profité de cette occasion pour reprendre l'examen d'un autre aérolithe tombé en Cochinchine ([1]), à Phû-Hong (canton de Binh Chan), le 22 septembre 1887 : un fragment en a été recueilli, il est conservé au Muséum.

La proportion du fer métallique étant différente dans ces deux pierres, ainsi qu'il est facile de le voir à première vue, il m'a semblé utile de chercher à vérifier la théorie d'une relation paraissant exister, dans les météorites pierreuses, entre la teneur en fer, la richesse de celui-ci en nickel, la nature et la composition des silicates qui l'accompagnent ([2]).

Il n'y a pas de différence entre les deux météorites tombées en juin 1921; c'est celle de Tuan Tuc que j'ai plus particulièrement étudiée, à l'aide de très nombreuses préparations microscopiques, et c'est sur elle aussi qu'ont été effectués les essais chimiques.

Il s'agit là d'une *chondrite*, très dure et très tenace, montrant, à l'œil nu, sur un fond gris piqueté de petits granules métalliques (fer nickelé et pyrrhotite), des chondres gris, solidement encastrés et ne pouvant être détachés de leur gangue. Quelques-uns, plus gros que les autres (2^{mm} de diamètre), laissent voir, à l'œil nu, leur nature composite faite d'hypersthène gris et d'olivine jaune paille.

Le microscope permet de constater le grand nombre, la grande variété de composition et de structure de ces chondres : chondres monosomatiques, de formes diverses, notamment en grille ou en peigne continus ou annelés, avec remplissage fréquent de maskelynite (An = 43 pour 100, d'après l'analyse donnée plus loin) dont l'indice de réfraction est voisin de celui du baume du Canada; chondres polysomatiques d'olivine grenue ou d'hypersthène bacillaire, à structure excentrique ou bien constitués par des baguettes accolées que borde une gaine de diopside-hypersthène ou enfin baguettes de diopside-hypersthène à fines macles polysynthétiques, présentant les particularités que j'ai décrites autrefois dans la météorite de Saint-Christophe-la-Chartreuse ([3]); chondres complexes d'olivine et d'hypersthène; enfin chondres porphyriques, constitués par des cristaux automorphes d'olivine ou bien d'hypersthène ou enfin de clino-hypersthène enveloppés par de la

([1]) Delauney, *Comptes rendus*, 105, 1887, p. 1294. — Daubrée, *Ibid.*, 106, 1888, p. 38.

([2]) Cf. en particulier G. T. Prior, *Miner. Magaz.*, 18, 1916, p. 26.

([3]) *Bull. Soc. Sc. natur. Ouest de la France*, Nantes, 7, 1905, p. 81.

maskelynite, etc. Toutes ces variétés de chondres, mélangées pêle-mêle, sont réunies par des grains des mêmes minéraux moulés, çà et là, par un peu de maskelynite et aussi par le fer nickelé et la pyrrhotite. A noter enfin une petite quantité de *merrillite* dont l'acide phosphorique de l'analyse donnée plus loin confirme le diagnostic optique. Cet ensemble est sillonné d'étroites traînées noires microscopiques, discontinues, résultant de la fusion des divers minéraux précités sur leurs bords ou le long de leurs cassures.

L'aérolithe de Phû Hong ne diffère du précédent que par l'abondance plus grande des minéraux métalliques et aussi des imprégnations noires, enfin par une grande richesse en clino-bronzite. Une préparation m'a montré un cristal exceptionnellement grand de merrillite.

L'analyse de ces deux météorites a été effectuée par M. Raoult avec les précautions recommandées par M. Prior : les nombres donnés ci-dessous sont le résultat de la combinaison de deux analyses effectuées, l'une sur la partie attirable à l'aimant, l'autre sur la partie non attirable; afin de permettre d'apprécier les quantités de fer contenues dans les ortho- et les méta-silicates, une troisième analyse a été faite, en attaquant à froid par l'acide chlorhydrique étendu la portion non attirable.

1. Phû Hong (Densité 3,659).
2. Tuan Tuc (Densité 3,376).

	1.	2.
Fe	18,68	9,93
Ni	1,21	0,78
Co	0,02	0,02
S	1,65	2,24
SiO^2	36,28	40,35
Al^2O^3	3,28	2,97
FeO	11,88	14,93
MnO	0,13	0,21
MgO	23,23	25,19
CaO	2,21	1,99
Na^2O	0,71	0,67
K^2O	0,21	0,21
P^2O^5	0,21	0,29
Cr^2O^3	0,11	0,14
Perte à 105°	0,06	0,06
	99,97	99,96

		1.		2.	
Fer nickelé		17,2	21,8	6,9	13,0
FeS		4,5		6,1	
Feldspaths		12,2	77,6	11,3	86,6
Pyroxènes		25,0		29,3	
Péridot		40,3		46,0	
Chromite			0,2		0,7
Merrillite			0,4		0,2
(Fer nickelé)	$\frac{(Fe, Co)}{Ni}$		13,5		7,7
Silicates (total)	$\frac{MgO}{FeO}$		3,5		3,0
Pyroxènes	$\frac{MgO}{FeO}$		3,3		3,2
Péridot	$\frac{MgO}{FeO}$		4,3		3,1

Ces résultats permettent de classer l'aérolithe de Phû Hong, assez riche en fer nickelé, parmi les *chondrites à olivine et bronzite*, et celui de Tuan Tuc, pauvre en fer métallique, dans les *chondrites à olivine et hypersthène*.

Ils montrent, conformément à la théorie énoncée plus haut, que le type le plus riche en fer métallique est bien celui dont le fer est le moins nickelifère et les silicates les moins ferrifères, et il faut ajouter celui qui est le moins riche en péridot. Les choses se passent donc comme si les chondrites provenaient toutes d'un même magma et ne différaient les unes des autres que par le degré d'oxydation qui règle la quantité de fer pouvant entrer en combinaison avec la silice pour donner d'abord des métasilicates et ensuite des quantités progressives d'orthosilicates. Le nickel ne s'oxydant pas tant qu'il reste du fer métallique, il se concentre nécessairement dans ce qui reste de celui-ci et ainsi s'explique pourquoi l'alliage métallique est d'autant plus riche en nickel qu'il est moins abondant.

En ce qui concerne la météorite de Phû Hong, les nouvelles données contenues dans cette Note rectifient une analyse antérieure [1] dont les résultats ne sont pas en accord avec la composition minéralogique observée.

SPECTROSCOPIE. — *Recherches complémentaires sur la structure et la distribution des spectres de bandes.* Note de M. **H. Deslandres**.

Une première Note a été déjà insérée sous le même titre, le 18 mai 1925; elle expose une loi simple de distribution des bandes infrarouges, qui s'applique aux spectres d'absorption de six corps à composition chimique simple, qui sont : l'oxygène, l'oxyde de carbone, l'acide cyanhydrique, le gaz ammoniac, la vapeur d'eau et le méthane. La bande infrarouge, à cause de l'insuffisance de nos moyens actuels d'investigation, n'est pas, comme la bande lumineuse, résolue en raies fines, en vibrations élémentaires; elle forme un gros bloc, que j'ai appelé une bande-bloc, et que l'on représente par la fréquence de sa partie la plus intense. Les détails manquent, mais on a facilement une vue d'ensemble du spectre, qui se prête bien à une étude générale de la distribution des bandes. Or, avec les six corps énumérés plus haut, les bandes d'un même spectre exprimées en fréquences ν sont, à de faibles différences près, unies par la relation simple suivante :

$$\nu = \frac{q}{r} \times \frac{d_1}{s}, \qquad (1)$$

d_1 étant la fréquenee dite élémentaire ou universelle, égale à 1062,5; q, r et s étant des nombres entiers. De plus, q et r sont variables, mais le

(1) Stanislas Meunier, *Comptes rendus*, 109, 1889, p. 875.

nombre entier s est constant et égal au nombre des atomes de la molécule.

Déjà, en 1919, j'avais présenté une formule analogue, mais plus simple : $\nu = qd_1/r$ pour plusieurs bandes infrarouges; lorsque q est un multiple de r, on a les bandes spécialement étudiées à cette époque ([1]). Puis, pour expliquer le rattachement à une même fréquence d_1 de spectres très divers par l'origine, j'avais fait l'hypothèse suivante : Les noyaux atomiques sont assimilables à de petits cylindres droits dont la hauteur est la même pour tous les atomes, et ces petits cylindres sont le siège de vibrations longitudinales dans le sens des génératrices. La fréquence fondamentale est égale à d_1 ou 1062,5, et l'harmonique d'ordre q est qd_1. J'avais ajouté : « Aux basses températures, les atomes s'unissent; j'admets qu'ils se superposent à la façon des petits aimants d'Ampère et de Ritz. La fréquence fondamentale, égale à d_1 pour un atome isolé, devient d_1/r pour r atomes. » Il est seulement question d'atomes, car, contrairement à l'opinion générale, j'ai toujours admis que le spectre de bandes pouvait être émis par l'atome seul aussi bien que par la molécule; et cette opinion, qui a été soutenue surtout par les expérimentateurs, est appuyée par les belles recherches récentes de Duffieux.

Il est probable que l'hypothèse précédente ne correspond pas exactement à la réalité; mais elle a l'avantage d'être simple; et elle explique aussi bien la nouvelle formule que l'ancienne ([2]). En 1919, j'ai admis que des atomes identiques s'unissent par leurs pôles de nom contraire; on peut admettre aussi bien que des atomes différents se groupent de la même manière, et même, pour certains atomes, la liaison ainsi réalisée est particulièrement forte, et l'on a la molécule des corps composés. Prenons par exemple la molécule de la vapeur d'eau, formée par un atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène; la fréquence fondamentale, qui est d_1 pour chaque atome, devient $d_1/3$ pour la molécule et l'harmonique d'ordre q est représenté par $qd_1/3$. Mais 2, 3, 4, ..., r molécules peuvent s'unir de la même manière, et les fréquences précédentes sont divisées par le nombre entier r; d'où la formule générale : $\nu = qd_1/3r$. En fait le tableau des bandes de la vapeur d'eau, inséré dans la Note précédente, a

---

([1]) *Comptes rendus*, 179, 1919, p. 745 et 1365; puis 180, 1925, p. 1454.

([2]) Les formules ont été obtenues en assimilant le noyau à un corps sonore; on obtiendrait des formules identiques en s'appuyant seulement sur la théorie des quanta. De plus, les atomes sont supposés unis par leurs pôles; on pourrait les supposer rapprochés dans leurs plans équatoriaux et avoir encore des formules analogues.

mis en relief les fréquences fondamentales $d_1/3$, $d_1/6$, $d_1/9$, $d_1/12$, $d_1/15$, $d_1/18$ ou leurs harmoniques; et ce premier tableau, comme on le verra plus loin, peut être complété.

De plus, je remarque que, dans l'ordre d'idées où nous sommes, les diverses bandes rattachées au nombre entier r correspondent à des groupements de r molécules. Or l'étude de la mobilité des ions dans les gaz nous a conduit à admettre des groupements semblables. Les bandes de l'infrarouge et de l'extrême infrarouge fourniraient donc un moyen nouveau de les déceler et de reconnaître leur importance relative. Cette remarque augmente encore l'intérêt qui s'attache à ces recherches.

Malheureusement l'infrarouge et surtout l'extrême infrarouge sont encore très peu connus; les moyens nous manquent pour les étudier facilement et avec détails. Le seul corps dont l'absorption ait été reconnue dans tout le spectre infrarouge actuellement connu est la vapeur d'eau dont l'importance, il est vrai, est primordiale; une partie notable du rayonnement solaire infrarouge est arrêtée, comme on sait, par la vapeur d'eau de notre atmosphère.

Dans les dernières années, Rubens et Hettner, puis Holger Witt ont poussé l'étude de l'absorption de H^2O jusqu'à 340^μ, la précision, il est vrai, étant notablement moindre au delà de 22^μ. Je présente aujourd'hui :

1° Un tableau des bandes mesurées, plus complet, qui montre mieux leur division en séries conformes à la loi;

2° Une propriété nouvelle qui les rattache plus étroitement encore à la fréquence élémentaire 1062,5.

I. Le tableau comprend les bandes principales et quelques bandes secondaires, énumérées dans l'ordre des longueurs d'onde croissantes [1].

Les colonnes à partir de la quatrième sont consacrées aux multiples de $d_1/3r$, et donnent pour chaque bande, en gros chiffres, le nombre entier correspondant, et en petits chiffres, l'écart entre les fréquences observées et calculées. Dans la première colonne on a mis les intensités d'absorption déterminées par Hettner de $0^\mu,8$ à 17^μ avec une même épaisseur de vapeur absorbante (106^{cm}).

L'intensité 10, marquée pour les fortes bandes $2^\mu,66$ et $6^\mu,26$, annonce

---

(1) Les longueurs d'onde de $0^\mu,9$ à $44^\mu,1$ sont celles de Rubens et Hettner, et les autres sont celles de Holger Witt (HETTNER, *Annalen der Physik*, 55, 1918, p. 476; RUBENS, *Ber. Akad. d. Wissensch.*, 1921, p. 8; HOLGER WITT, *Zeits. f. Phys.*, 28, 1924, p. 236 et 249).

BANDES D'ABSORPTION DE LA VAPEUR D'EAU COMPARÉES AUX MULTIPLES DE $d_1/3r$; $d_1 = 1062,5$.

Intensité de 1 à 10.	Longueurs d'onde en μ.	Nombre de vibrations.	$d_1/3$ ou 354,19.	$d_1/6$ ou 177,08.	$d_1/9$ ou 118,05.	$d_1/12$ ou 88,51.	$d_1/15$ ou 70,83.	$d_1/18$ ou 59,03.	$d_1/27$ ou 39,05.
0,5	0,944 μ	10593	30 — 33	″	″	″	″	″	″
1,5	1,128	8865	25 + 11	″	″	″	″	″	″
0,7	1,157	8643	″	″	″	″	122 + 1,5	″	″
7,5	1,367	7315	″	″	62 — 5	″	″	″	″
5,6	1,411	7087	20 — 4	″	″	″	″	″	″
8,3	1,843	5426	″	″	46 — 6	″	″	″	″
7,9	1,870	5347	15 + 35	″	″	″	″	″	″
7,4	1,904	5252	″	″	″	″	″	89 — 1	″
1,0	1,985	5038	″	″	″	″	71 + 8	″	″
10	2,661	3758	″	21 + 39	″	″	″	″	″
4	do 3,154	3171	9 — 16	18	27	″	″	″	″
10	do 6,26	1597	″	9 + 3	18	″	″	27	″
6	14,32	698	2 — 10	4	″	″	10	″	″
7,5	15,62	637	″	″	″	″	9 + 2,7	″	″
″	17,33	570	″	″	″	″	8 + 10	″	″
″	do 20,11	497	″	″	″	″	7 + 1,5	″	″
″	do 23,5	425,5	″	″	″	″	6 + 0,5	″	″
10	30,6	326,8	4 — 27	2	3	4	5	6	9
″	35,7	280,1	″	″	″	″	4 — 3	″	
″	44,1	22[illegible],7	″	″	″	″	″	4 — 9	″
″	49	204	″	″	″	″	3 — 8,5	″	″
″	52,5	190,4	″	″	″	″	″	″	5 —
″	56,6	176	″	1 — 0,4	″	2	″	3	″
″	63,7	157	″	″	″	″	″	″	4 — 0,4
″	69,6	143,7	″	″	″	″	2 + 2	″	″
″	83	120,5	″	″	1 + 2,5	″	″	2	3
″	108,6	91,8	″	″	″	1 — 3	″	″	″
″	116,3	85,6	″	″	″	1 + 3	″	″	″
″	131,8	75,9	″	″	″	″	1 + 5	″	2 — 3
″	167	59,9	″	″	″	″	″	1 + 0,8	″
″	265,7	37,6	″	″	″	″	″	″	1 + 1,7

l'absorption totale; en réalité, le nombre 10 ne donne pas une indication suffisante : car l'absorption est totale avec une épaisseur inférieure à 106^{cm}. A partir de 9^{μ}, l'absorption, d'abord très faible, augmente rapidement, et à $30^{\mu},6$ elle est exactement la même que pour $6^{\mu},26$; l'intensité 10 a été donnée aussi à la bande $30^{\mu},6$ qui correspond d'ailleurs à la fréquence $d_1/3$. Au delà, jusqu'à 265^{μ}, on est en plein dans la région appelée par les physiciens allemands région de rotation, parce qu'elle est supposée, pour des raisons

théoriques, due à la rotation des molécules. Les mesures deviennent difficiles, et la précision est moindre. Malgré ces conditions défavorables, l'accord des bandes principales avec les sous-multiples de $d_1/3$ est à première vue satisfaisant; il est au moins aussi bon que dans la première partie de $0^{\mu},8$ à 14^{μ}. Les bandes d'absorption infrarouges de la vapeur d'eau, qui s'étendent sur plus de 7 octaves, sont ainsi rattachées à une même loi simple.

II. Dans la partie de $0^{\mu},8$ à $7^{\mu},5$, les bandes sont obtenues avec plus de détails, parce que les prismes employés ont une dispersion relativement grande. En particulier, les bandes $3^{\mu},154$ et $6^{\mu},26$ offrent, de chaque côté de leur raie centrale, plusieurs maxima secondaires, non indiqués dans le tableau ci-dessus. Hettner en a compté 12 en tout dans la bande $3^{\mu},12$, qui sont équidistants, et il donne en fréquences la valeur de l'intervalle constant, soit 44,33. Or ce nombre est presque exactement égal à $d_1/24$ ou 44,27. Très frappé par cette coïncidence, j'ai examiné aussitôt la bande $6^{\mu},26$ et ses maxima secondaires beaucoup plus nombreux; leur intervalle moyen est exactement moitié moindre, il est égal à $d_1/48$ ou 22,135. Ainsi les 24 maxima reconnus par E. von Bahr et Langley dans la moitié de la bande tournée vers la région lumineuse sont, à de faibles différences près, représentés par la formule $\nu = 1597 + t \times 22,135$; t étant un nombre entier qui varie de 1 à 24. Le tableau ci-dessous juxtapose les longueurs d'onde λ de 18 maxima, publiées par von Bahr, des 6 de Langley et les longueurs d'onde calculées ([1]).

λ mesurées en μ.	λ calculées en μ.	Nombres entiers t.	λ mesurées en μ.	λ calculées en μ.	Nombres entiers t.
6,26	6,26	0	5,33	5,31	13
6,16	6,18	1	5,27	5,24	14
6,10	6,09	2	5,19	5,18	15
6,04	6,01	3	5,13	5,13	16
{ 5,96 / 5,92	5,93	4	5,09	5,07	17
5,86	5,86	5	5,02	5,01	18
5,80	5,78	6	4,98	4,96	19
{ 5,74 / 5,70	5,71	7	4,90	4,90	20
5,61	5,64	8	4,86	4,85	21
5,56	5,57	9	4,80	4,80	22
5,54	5,50	10	4,76	4,75	23
5,50	5,43	11	4,73	4,70	24
5,44	5,37	12			

(1) Les longueurs d'onde mesurées sont tirées du Mémoire de Rubens (1921), déjà cité.

Dans l'ensemble, l'accord est bon, et les petits maxima de l'autre côté du centre donnent un résultat semblable ([1]).

Les deux bandes avec leurs maxima secondaires sont ainsi représentées en fréquences par

$$\nu = 18 \times d_1/6 \pm t\, d_1/24,$$
$$\nu = 9 \times d_1/6 \pm t\, d_1/48.$$

On a ce fait curieux que la première bande est exactement le double de l'autre.

Les autres bandes importantes, non encore résolues, ont probablement une structure analogue et le tableau général du spectre montre à première vue, autour de la forte bande $30^{\mu},6$, plusieurs bandes assez intenses qui sont des multiples de $d_1/15$.

III. Ces résultats font ressortir une fois de plus le rôle important de la fréquence 1062,50, qui s'annonce bien comme universelle. J'ai admis d'abord qu'elle était émise par le noyau de tous les atomes et en particulier par le noyau de l'hélium; actuellement j'incline à penser qu'elle provient non du noyau lui-même, mais de quelque chose qui lui est lié, par exemple de la sphère de protection, considérée par plusieurs auteurs, qui est une sorte de cuirasse ou d'atmosphère. J.-J. Thomson a supposé que, à une certaine distance a du noyau, la force attractive émanée de lui, d'abord attractive, devient répulsive; la largeur de la cuirasse serait $2a$. Si de plus, pour simplifier, on admet d'abord que la cuirasse est un cube, le même pour tous les atomes ou plusieurs atomes, que ce cube est parfaitement élastique avec une fréquence fondamentale égale à d_1, tous les faits précédents s'expliquent aisément. Les petits cubes se groupent et se séparent comme les briques d'un mur, et ils seraient la cause première des spectres de bandes. Ils forment des groupements variables, souvent réguliers, qui vibrent suivant leurs trois dimensions, conformément à la loi des quanta ([2]). Les cubes qui sont réunis, diminuent en nombre lorsque la

---

([1]) L'écart entre les longueurs mesurées et les longueurs calculées est notable seulement pour les harmoniques 11 et 12; de plus deux bandes sont doubles. Ces anomalies, fréquentes dans les spectres de bandes, sont purement locales; elles tiennent à des causes secondaires et ne modifient pas l'accord général.

D'autre part, la place a manqué dans le grand tableau pour deux colonnes supplémentaires consacrées aux fréquences $d_1/24$ et $d_1/48$; la première explique la bande $74^{\mu},5$ ou $\nu = 134,2$, et la seconde la bande $90^{\mu},9$ ou $\nu = 111$. La bande λ 79,3 ou $\nu = 126,1$ peut être rattachée à $d_1/18$.

([2]) Ces groupements d'atomes dans les gaz s'accroissent quand la température s'abaisse; ils sont un acheminement vers l'état liquide et solide.

température ou les chocs augmentent, et peuvent se réduire à un seul. Puis, la cuirasse est percée; le spectre de lignes, régi par les lois de Bohr, apparaît, et la cuirasse joue alors surtout le rôle de résonateur. D'ailleurs le noyau et les électrons agissent sur les vibrations de la cuirasse et les modifient; inversement la cuirasse exerce une action sur les vibrations produites dans son intérieur.

Dans l'état actuel des choses, il importe plus d'accumuler les faits et les mesures, que de rechercher une explication générale, qui semble prématurée.

ASTRONOMIE. — *Sur les influences topographiques qui affectent les* Corrections de pendule *employées au B. I. H.* Note [1] de M. G. **Bigourdan**.

En groupant par stations les moyennes annuelles données dans le Tableau II [2], nous obtenons les résultats suivants :

Tableau III.

N°.	Obs. Inst.		n'. +	n'. —	n'. 0	m'.	t mois.
			Station I.				
9	L_{p_1}	1920	5	3	1	19	2
13	L_{g_2}	1922	0	4	0	25	1
17	M_b	1923	1	15	1	23	4
		1924	4	32	7	25	11
18	S_{p_2}	1921	2	8	3	22	2
19	S_{g_2}	1922	0	1	0	20	1
			Station II.				
1	Br_{p_2}	1921	4	3	0	20	2
		1922	11	13	7	22	8
		1923	36	21	9	18	10
		1924	32	13	9	21	11
3	C_{p_2}	1921	2	0	2	10	1
5	Ch_{p_2}	1923	3	1	0	26	2
10	L_g	1920	3	1	0	12	1
12	L_{p_2}	1921	7	4	2	10	2
		1922	0	4	2	8	1
15	M_g	1920	2	7	1	29	4
		1921	1	0	0	20	1
16	M_{p_2}	1922	1	1	0	20	2
			Station II (suite).				
21	V_g	1920	31	20	12	22	10
		1921	21	15	4	23	6
22	V_{p_2}	1921	17	15	6	16	6
		1922	19	10	11	18	11
		1923	8	2	0	33	5
			Station III.				
4	$Ch_{b'}$	1922	5	11	13	24	7
		1923	12	30	12	17	11
		1924	12	33	10	19	10
6	D_b	1920	10	30	5	26	7
14	$Le_{b'}$	1923	0	2	0	40	2
		1924	3	4	0	19	4
20	$S_{b'}$	1922	0	0	0	»	0
23	$V_{b'}$	1923	3	2	1	19	4
			Station IV.				
2	C_j	1920	1	3	0	15	2
7	F_j	1920	19	9	6	21	5
		1921	7	1	1	21	3
11	L_j	1921	7	3	0	19	3
		1923	18	11	4	24	7
		1924	15	6	0	28	9

(1) Séance du 22 juin 1925.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1880.

Par leur durée, comme par le nombre des observations individuelles, les séries *principales*, les plus probantes, sont celles qui portent les nos 1, 4, 6, 7, 11, 17, 21 et 22; et les séries *secondaires* sont 2, 3, 5, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 23.

Voici, par stations, dans le Tableau IV, les conclusions que les séries principales paraissent permettre; la colonne des *Remarques* du même Tableau indique dans quelle mesure les séries secondaires appuient ou infirment les conclusions des premières :

TABLEAU IV.

Stations.	Séries.	Obs. Instr.	Conclusions.	Remarques.
I....	17	M_b	Grande prédom. des —	13, 18, 19 confirment. — 9 infirme.
II....	1	Br_{p_2}	Prédom. a. nette des +	3, 5, 10, 12 confirment. — 15 infirme. 16 donne un égal nombre de + et de —.
	21	V_g	» moins nette des +	
	22	V_{p_2}	» »	
III...	4	$Ch_{b'}$	Prédom. marquée des —	14, 23 ne donnent pas d'indication nette.
	6	D_b	»	
IV...	7	F_j	Prédom. a. nette des +	2 infirme.
	11	L_j	»	

Les nombres m' du Tableau III montrent aussi que l'écart moyen d'une détermination individuelle de C_p est compris entre $0^s,02$ et $0^s,03$. Cette valeur est évidemment affectée par les différences systématiques indiquées par le Tableau IV, de sorte que, pour conclure la valeur exacte de cet écart moyen, il faudrait préalablement déterminer numériquement ces différences systématiques, ce qui paraît devoir être assez illusoire.

Quant aux influences *topographiques*, elles paraissent faibles, sinon très faibles, car aux deux stations très voisines III et IV elles sont de signes contraires.

Le cas le moins incertain paraît être celui relatif à la station I.

Les deux premières séries, 9 et 10, qui sont du même observateur L avec deux instruments différents (p_1 et g), sont en opposition avec toutes les autres, et, en moyenne, les séries secondaires (9, 10, 13, 18, 19) n'indiquent aucune influence topographique.

Reste la série principale (17), que nous allons examiner un peu plus en détail. Ici nous conservons toutes les valeurs individuelles, sauf celles de poids 0,5 ou *zéro*. Il reste ainsi 78 résultats individuels, obtenus en 18 mois (1923-1924) et dont 4 seulement sont positifs.

On voit immédiatement trois causes qui peuvent contribuer à ce résultat

bien *constant* : *l'équation personnelle* de l'observateur, la constitution de l'*instrument*, très différente de celle des autres, — enfin, l'*influence topographique*. Pour accepter la dernière, il faut admettre qu'elle est indépendante des phénomènes météorologiques généraux, comme direction du vent, etc., — qu'elle ne s'est pas exercée pour les séries 9 et 10, — qu'elle est tout à fait locale, puisque pour le point II l'effet est inverse, — enfin que, malgré sa constance, elle est restée inaperçue à la lunette de Gambey pendant trois quarts de siècle, et aussi au Grand Cercle méridien, où elle devrait être bien plus grande.

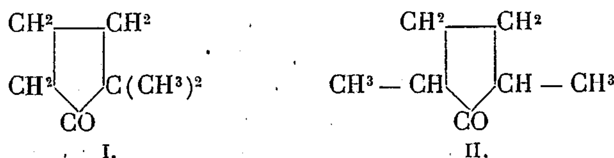
Les moyennes annuelles de l'écart sont — $0^s,043$ (1923 par 26 obs.) et — $0^s,030$ (1924, par 52 obs.); moyenne générale pondérée — **$0^s,034$**.

Il est à noter que cette valeur est très voisine de l'erreur moyenne de l'ensemble des observations discutées.

Il semble que, pour mettre en évidence ces influences topographiques, il faudrait établir un roulement entre divers observateurs qui, dans une même soirée d'observations, passeraient successivement aux stations à comparer, supposées munies, autant que possible, d'instruments identiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Constitution de la diméthylcyclopentanone et de la diméthylcyclohexanone d'alcoylation obtenues par la méthode à l'amidure de sodium.* Note (¹) de MM. **A. Haller** et **R. Cornubert.**

Dans une précédente Note (²) nous avons indiqué que la diméthylcyclopentanone d'alcoylation obtenue par la méthode à l'amidure de sodium devait être constituée par un mélange de l'isomère dissymétrique I et de l'isomère symétrique II :



mais seul l'isomère dissymétrique avait pu être caractérisé nettement; nous

(¹) Séance du 15 juin 1925.

(²) A. Haller et R. Cornubert, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 315. Les corrections suivantes sont à apporter : page 317, ligne 9 d'en bas, *lire* — 15° et non + 15°; page 318, ligne 18, *au lieu de* 11°,5, *lire* 110°,5.

avions conclu à la présence de l'isomère symétrique en nous appuyant sur trois faits qui, considérés isolément, ne représentaient que des présomptions.

Nous allons montrer dans la présente Note que cette cétone d'alcoylation contient effectivement une petite quantité de cétone symétrique II. Nous étudierons ensuite la constitution de la diméthylcyclohexanone d'alcoylation.

Constitution de la diméthylcyclopentanone d'alcoylation. — La démonstration de la constitution de cette cétone ayant pu en particulier être effectuée en utilisant certaine propriété du composé $C^{21}H^{22}O^2$ que la diméthylcyclopentanone symétrique engendre, comme nous l'avons montré dans notre précédente Note, par condensation avec l'aldéhyde benzoïque sous l'influence de l'acide chlorhydrique, nous commencerons par décrire quelques caractères de cette substance.

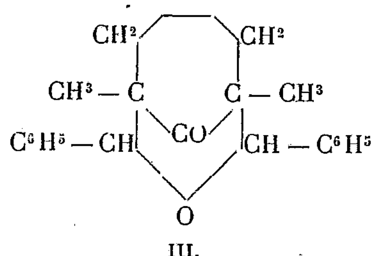
Propriétés et Constitution possible du composé $C^{21}H^{22}O^2$. — Ce corps cristallise dans l'alcool en aiguilles incolores fondant à 129°,5 (corr.), mais la récupération de la substance dissoute dans du benzène pour la détermination du poids moléculaire nous l'a fourni en cristaux massifs. L'expérience nous a montré que ce composé se dépose dans le benzène avec une demi-molécule de solvant de cristallisation et fond alors à 114°-115° (corr. inst.); cette demi-molécule de solvant de cristallisation disparaît en partie par fusion et très lentement par abandon des cristaux à l'air libre. Redissous dans l'alcool, ces cristaux fondant à 114°-115° redonnent le corps fondant à 129°,5. Quant à ce dernier, il se prend après fusion, par refroidissement, en un produit vitreux ne cristallisant qu'avec une extrême lenteur, même après amorçage; une nouvelle détermination du point de fusion donne alors le même nombre 129°,5.

Comme l'indique la formule brute du composé $C^{21}H^{22}O^2$, ce dernier prend naissance par condensation d'une molécule de cétone et de deux molécules d'aldéhyde avec perte d'une molécule d'eau. Petrenko-Kritschenko et ses collaborateurs (¹) d'une part, Vorländer et ses élèves (²)

(¹) Petrenko-Kritschenko et Stanischewski, *Ber.*, 29, 1896, p. 994. — Petrenko-Kritschenko et Plotnikoff, *Ber.*, 30, 1897, p. 2801. — Petrenko-Kritschenko, *Ber.*, 31, 1898, p. 1508; 32, 1899, p. 809; *J. f. prakt. Ch.*, 2ᵉ série, 60, 2899, p. 140. — Petrenko-Kritschenko et Rosenzweig, *Ber.*, 32, 1899, p. 1744; 33, 1900, p. 744. — Petrenko-Kritschenko et Dementeyeff, *Ber.*, 41, 1908, p. 1696.

(²) Vorlander et Hobohm, *Ber.*, 29, 1896, p. 1352 et 1836. — Vorlander et Wilcke, *Ber.*, 31, 1896, p. 1886. — Vorlander et Meyer, *Ber.*, 45, 1912, 3355.

d'autre part, ayant observé des réactions de cette nature dans la condensation de l'acétonedicarbonate d'éthyle, de la diéthylcétone et de la dipropylcétone avec l'aldéhyde benzoïque, et ayant accordé aux substances ainsi isolées une structure tétrahydropyronique, nous admettrons par analogie, au moins jusqu'à nouvel ordre, que ce composé $C^{21}H^{22}O^{2}$ répond à la formule III :



III.

Caractérisation de la diméthylcyclopentanone symétrique dans la diméthylcyclopentanone d'alcoylation. — Les essais relatés dans notre première Note sur cette question (*loc. cit.*) avaient été effectués sur la portion principale provenant de l'alcoylation d'α-méthylcyclopentanone; cette portion principale (42^{g}) passait à 143-144° (corr.) sous 740^{mm}; mais cette alcoylation nous avait également donné une certaine quantité de matière de point d'ébullition plus élevé dont nous avons extrait 4^{g} distillant entre 145 et 148° (corr.) sous 745^{mm}, c'est-à-dire dans un intervalle de température comprenant le point d'ébullition de la cétone symétrique.

Ces 4^{g} ont été mélangés à 4^{g} d'aldéhyde benzoïque et le mélange a été saturé d'acide chlorhydrique à — 15°, puis traité comme nous l'avons déjà indiqué à plusieurs reprises. Nous avons obtenu finalement environ 6^{g} de matière qui, fractionnée sous 33^{mm}, nous a donné en particulier une portion de $4^{g},7$ passant de 180 à 215°, constituée par la combinaison benzylidénique de l'αα-diméthylcyclopentanone comme nous l'avons montré dans note précédente Note, et une portion de $0^{g},8$ passant à 215-260°, liquide d'une extrême viscosité mais sans consistance. Après refroidissement, cette fraction a déposé quelques cristaux qui ne se sont pas développés; mais, reprise par l'alcool à 95° bouillant, elle a bientôt donné naissance à des aiguilles qu'on a laissé s'accroître jusqu'à apparition de fins globules bruns. Ces cristaux ont alors été séparés, exprimés entre des doubles de papier, puis mis à cristalliser dans l'alcool bouillant; lorsque le point de fusion de ces aiguilles eut atteint 127-128° (corr.), la purification a été arrêtée car il ne restait plus à ce moment que 3^{cg}, de matière. Sur ces 3^{cg}, différents essais ont été effectués.

Tout d'abord, la microanalyse de ce corps a été faite par M. Guillemet; elle a donné les résultats suivants :

	I.	II.	Théorie.
H pour 100...	7,3	7,2	7,3
C pour 100...	81,0	81,3	82,35

Ensuite le point de fusion à l'épreuve du mélange, avec le composé $C^{21}H^{22}O^2$ fondant à 129°, 5 engendré par la diméthylcyclopentanone symétrique, a conduit à la valeur 128-129° (corr.).

Enfin une petite quantité de ce corps, dissoute dans le benzène et amenée à cristallisation par élimination, ce solvant a donné comme point de fusion instantané le nombre 113-114° (corr.), le point de fusion du composé $C^{21}H^{22}O^2$, $\frac{1}{2}C^6H^6$ étant 114-115° (corr. inst.).

Nous en concluons, bien que le pourcentage de carbone soit légèrement inférieur au nombre attendu, ce qui s'explique du reste par le fait que la purification de la substance n'a pu être poussée aussi loin qu'on l'aurait désiré, que ces 3^{cg} de matière sont constitués par le composé $C^{21}H^{22}O^2$ et que la diméthylcyclopentanone d'alcoylation contient une petite quantité de cétone symétrique de formule II.

Généralisation de la réaction entre la diméthylcyclopentanone symétrique et l'aldéhyde benzoïque. — Trois essais ont été effectués successivement avec les aldéhydes *p*-toluique, cuminique et anisique. *L'aldéhyde p-toluique* nous a donné des cristaux incolores fondant à 146° (corr.) après purification dans l'alcool bouillant. Ils répondent à la formule $C^{23}H^{26}O^2$; la mesure du poids moléculaire a donné le nombre 313 (th. 334). De ce corps soluble dans l'éther froid et l'alcool bouillant, peu soluble dans l'alcool froid et très soluble dans le benzène froid, il n'a pas été possible d'isoler de combinaison comportant de benzène de cristallisation.

L'*aldéhyde cuminique* nous a fourni des cristaux fondant à 192° (corr.) et répondant à la formule $C^{27}H^{34}O^2$; le poids moléculaire trouvé a été de 351 (th. 390). Ce corps est très peu soluble dans l'alcool même bouillant; il n'a pas non plus donné de combinaison comportant de benzène de cristallisation.

L'*aldéhyde anisique* a également réagi mais n'a pas fourni de combinaison cristallisée.

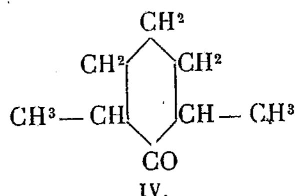
A ces dérivés *p*-toluique et cuminique nous attribuons, par analogie avec ce qui précède, des formules du type de la formule III.

Constitution de la diméthylcyclohexanone d'alcoylation. — Une première étude de la constitution de la diméthylcyclohexanone d'alcoylation égale-

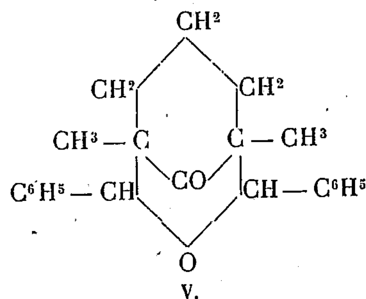
ment obtenue par la méthode à l'amidure de sodium (¹), nous avait montré que cette cétone est très riche en αα-diméthylcyclohexanone, ce que nous avions reconnu à la formation abondante de sa combinaison benzylidénique fondant à 82°-82°,5; mais cette cétone nous avait également donné deux corps fondant respectivement à 119-120° et 196-197° (corr.) pour lesquels l'analyse et la détermination du poids moléculaire nous avaient fait conclure à la formule $C^{22}H^{24}O^2$. Ces corps, étant donné le résultat de nos recherches sur la constitution de la diméthylcyclopentanone d'alcoylation, devenaient les homologues supérieurs de la substance de formule $C^{21}H^{22}O^2$ caractéristique de la diméthylcyclopentanone symétrique. Il y avait donc intérêt à fixer exactement leur nature.

Nous allons voir que le composé fondant à 196-197° (corr.) dérive de la diméthylcyclohexanone symétrique, et nous montrerons, dans une prochaine Note, que le corps fondant à 119-120° (corr.) est engendré par une petite quantité d'α-méthylcyclohexanone que le bisulfite n'a pu éliminer.

Condensation de la diméthylcyclohexanone symétrique et de l'aldéhyde benzoïque sous l'influence de l'acide chlorhydrique. — La diméthylcyclohexanone symétrique IV a été préparée par la méthode de Kötz et Blendermann (²) en passant par l'oxime qui a été purifiée par la méthode de Wallach (³); l'oxime fond à 119° (corr.) et la cétone bout à 174° (corr.).



IV.



V.

5g de diméthylcylohexanone symétrique (1mol) ont été mélangés à 4g,5 d'aldéhyde (1mol) et le mélange a été saturé d'acide chlorhydrique sec à —15°. Au bout de peu de temps le produit s'est pris en masse en acquierrant une teinte rose vif. Au bout de 24 heures de contact, la matière a été soumise au traitement habituel et finalement on a isolé d'une part 1g,2

(¹) A. Haller et R. Cornubert, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 700.
(²) Kotz et Blendermann, *J. f. prakt. Chem.*, 88, 1913, p. 257.
(³) Wallach, *Lieb. Ann.*, 39, 1912, p. 200.

de cétone inaltérée et d'autre part 7g d'une matière blanche fondant à 197-198° (corr.) et bouillant à 266-268° (corr.) sous 27mm. L'analyse de ce corps conduit à la formule $C^{22}H^{24}O^2$, ce qui représente encore la combinaison d'une molécule de cétone et de deux molécules d'aldéhyde avec perte d'une molécule d'eau. Ce corps, qui cristallise de l'alcool en aiguilles, est peu soluble dans l'éther froid et l'alcool bouillant, pour ainsi dire insoluble dans l'alcool froid et très soluble dans le benzène froid. Par cryoscopie dans ce dernier solvant il nous a fourni la valeur 298 au lieu de 320 pour le poids moléculaire. Du benzène il se dépose en cristaux transparents, massifs, qui, aussitôt sortis du liquide de cristallisation, se recouvrent d'un enduit opaque. Ces gros cristaux répondent à la formule $C^{22}H^{24}O^2.1C^6H^6$ et perdent à froid la quasi-totalité de leur benzène en une heure environ; la perte de poids spontonée a été de 17,8 pour 100 au lieu de 19,6 exigée par la formule précédente. Ce composé n'a pas de point de fusion spécial, le benzène disparaît avant fusion, même par mesure instantanée.

Ce corps fondant à 197-198° (C.) auquel nous accordons la formule V pour les raisons précédemment données, est identique à la substance fondant à 196-197° (C.) extraite des produits engendrés par la diméthylcyclohexanone d'alcoylation. Ils présentent la même composition centésimale, le même poids moléculaire, le même point de fusion à l'épreuve du mélange, et offrent dans le benzène les mêmes phénomènes de cristallisation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les proportions de cobalt contenues dans les organes des animaux*. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Mâcheboeuf.**

Nous avons signalé, il y a peu de temps, la présence du cobalt, à côté du nickel, dans les organes de l'homme et des animaux ([1]). Depuis, nous avons évalué les proportions de ce métal en opérant de la manière suivante :

L'eau mère, séparée après la précipitation du nickel par la diméthylglyoxime, est évaporée à sec et débarrassée, par chauffage au rouge sombre dans un four à moufle, du réactif organique et de l'ammoniac. Le résidu est redissous, à la température du bain-marie, dans l'acide chlorhydrique concentré; on évapore à sec; on reprend par l'eau et l'on amène la solution

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1380.

dans un petit tube calibré, avec l'eau de lavage, au volume total de 2^{cm^3}. On ajoute alors $0^{cm^3},2$ de solution alcoolique de diméthylglyoxime à 1 pour 100 et 2 gouttes d'ammoniaque au $\frac{1}{10}$: le liquide se colore immédiatement en jaune brunâtre s'il renferme $0^{mg},1$ de cobalt, en jaunâtre faible, mais très net, s'il en contient $0^{mg},01$.

Après une heure d'attente, car la coloration du début s'affaiblit dans les premiers moments ([1]), on compare la coloration avec celles d'une gamme réalisée à l'aide de solutions titrées de cobalt ([2]).

Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus en opérant sur les mêmes échantillons d'organes que ceux dans lesquels nous avons dosé antérieurement le nickel.

Organes examinés.	Poids frais.	Co en millièmes de milligr. par kilog. d'organes frais.	d'organes secs.	de cendres.
	MAMMIFÈRES.			
Homme : Foie	200g	250	910	12.000
Pancréas	83	350	2.000	27.800
Rate	107	470	2.640	43.700
Rein	200	250	1.300	20.000
Cerveau	200	40	200	1.900
Estomac	188	30	480	3.000
Utérus	61,6	80	480	6.700
Muscle	200	25	100	2.100
Graisse	200	<10	"	"
Taureau : Foie	200	200	600	12.300
Pancréas	110	230	690	"
Testicule	252	12	80	"
Cerveau	200	40	180	1.900
Muscle	200	<10	"	"
Rein	300	66	320	5.600

(1) Après environ une demi-heure, la coloration ne change plus; on la trouve égale à celle d'un mélange préparé depuis la veille.

(2) La réaction est encore visible avec $0^{mg},002$ de cobalt dissous dans 1^{cm^3}, surtout si l'on opère par comparaison avec un mélange exempt de métal. Avec seulement $0^{mg},001$ de cobalt par centimètre cube, il n'y a plus de coloration ou un léger virage perceptible au moment où tombe l'ammoniaque. Par suite de l'affaiblissement de la coloration durant les premiers instants, la sensibilité de la réaction, employée dans un but quantitatif, se trouve ramenée au minimum de $0^{mg}005$ par centimètre cube. A cette dilution, la faible coloration jaunâtre persistante est encore sûrement visible par comparaison avec un liquide sans cobalt.

Organes examinés.	Poids frais.	Co en millièmes de milligr. par kilog. d'organes frais.	d'organes secs.	de cendres.
		MAMMIFÈRES (*suite*).		
Sang	1.000	10	50	2.000
Corne	200	35	40	〃
Vache : Lait	1.000	15	150	2.000
Veau : Foie	200	100	400	7.000
Thymus	160	470	2.190	19.500
Rein	142	140	690	8.900
Muscle	200	10	〃	〃
Souris : 13 individus entiers (sauf tubes digestifs)	169,5	40	140	600
		OISEAUX.		
Dindon : Foie	200	250	870	17.000
Muscle	200	25	100	2.000
Plumes	200	750	820	26.800
Poule : Œuf, blanc	200	<10	〃	〃
» jaune	200	15	30	740
Pigeon : Plumes	20	670	750	〃
		POISSONS.		
Merlan : entier (sauf tube digestif	355	28	140	1.000
id.	453	11	〃	〃
Éperlan : 26 individus entiers (sauf tubes digestifs).	200	50	220	1.600
		CRUSTACÉS.		
Langoustine : 16 individus entiers (sauf les carapaces).	200	2.000	8.700	43.500
		MOLLUSQUES.		
Moule : 41 individus sans les valves	220	136	710	6.600
Gryphée : 24 individus sans les valves	188	37	300	〃
		TUNICIERS.		
Vioulet : 30 individus sans les manteaux	223	224	1.100	7.500

Nous avons tenu, après ces déterminations quantitatives, à vérifier que nous avions eu réellement affaire à du cobalt, par une nouvelle réaction. Chacun des liquides colorés sur lesquels nous avons essayé cette vérification a été évaporé à sec; le résidu a été passé au four à moufle et ramené, comme pour le dosage colorimétrique, à l'état de solution aqueuse de chlorure. On a ajouté une goutte d'ammoniaque, saturée de gaz sulfhydrique, bouché le tube et attendu 24 heures. Le précipité floculé a été recueilli alors sur un très petit filtre, lavé avec un peu d'eau renfermant une trace de sulfure d'ammonium, séché et brûlé, avec son filtre, dans une capsule de platine. On a capté les cendres avec une perle de borax fondu et chauffé au rouge, dans la flamme d'oxydation, jusqu'à dissolution complète : la perle est apparue avec sa coloration bleue caractéristique dans les cas où la proportion de cobalt a été suffisante, c'est-à-dire avec le foie, le pancréas et le rein de l'homme et des animaux, le thymus du veau, les plumes du dindon, la langoustine. Il ne s'agissait pas d'une trace de cuivre : celui-ci avait été complètement précipité par l'hydrogène sulfuré en solution chlorhydrique; s'il en était resté, il aurait, d'ailleurs, été entraîné, dans la suite des séparations analytiques, avec le sulfure de zinc. D'autre part, le cuivre ne donne, comme on sait, une perle bleue avec le borax, au feu d'oxydation, qu'après refroidissement; à chaud, la perle est d'abord jaune, puis verte. Les nôtres étaient seulement d'un bleu plus pâle à chaud; à froid, leur coloration était d'un beau bleu profond, dit bleu cobalt, moins clair que celui du cuivre.

En résumé, le cobalt accompagne le nickel dans les organes de l'homme et des animaux. Sauf dans quelques muscles, le tissu adipeux et le blanc d'œuf [1], nous l'avons rencontré dans tous les autres échantillons que nous avons examinés.

Contrairement à ce qui nous était apparu, avant les évaluations quantitatives que nous publions aujourd'hui, il y a plus de cobalt que de nickel, ou, du moins, nous avons trouvé plus du premier métal que du second. C'est l'inverse de ce qui avait été constaté chez les végétaux [2].

D'une manière générale, le mode de répartition du cobalt à travers les organes est approximativement parallèle à celui du nickel. Toutefois il y a

---

(1) Probablement parce que la quantité de métal contenue dans les prises d'essai de ces tissus n'atteignait pas la limite de sensibilité de la méthode de recherche.

(2) GABRIEL BERTRAND et MOKRAGNATZ, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 458, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 37, 1925, p. 554.

lieu d'attirer l'attention sur le cas du thymus qui, chez le veau, s'est montré particulièrement riche en cobalt.

Ces résultats sur le nickel et le cobalt portent à 25 au moins le nombre des éléments, métalloïdes et métaux, qui entrent dans la composition normale de la matière vivante.

BIOLOGIE. — *Fixation héréditaire des caractères acquis, constatée par la stabilité de l'optimum thermique déplacé.* Note de MM. **Charles Richet, Eudoxie Bachrach** et **Henry Cardot.**

Dans des expériences antérieures, nous avons pu modifier la physiologie d'une cellule microbienne et créer ainsi de nouvelles races différentes de la race mère ([1]).

En cultivant pendant une longue période le ferment lactique sur un milieu additionné d'une forte dose de chlorure de potassium, nous avons fait acquérir à la bactérie lactique deux nouveaux caractères :

1° La résistance au KCl est augmentée ;

2° L'optimum thermique est fortement déplacé dans le sens d'une température plus élevée.

Il s'agissait de démontrer que les caractères acquis par cette nouvelle race étaient stables. Quant à la stabilité héréditaire de la résistance accrue, elle a été déjà démontrée par nous. Il s'agit ici du maintien héréditaire du nouvel optimum thermique. Or il est stable.

En effet une souche lactique, cultivée depuis plus de trois ans sur un milieu renfermant 34^g de KCl par litre, et dont l'optimum thermique avait de ce fait passé de 36°-37° à 41°-42°, a été remise sur milieu exempt de KCl. Au bout de 2,8 et 60 jours de culture sur ce milieu témoin, des essais ont été faits, afin de pouvoir voir si l'optimum thermique s'était maintenu à ce niveau élevé.

Les résultats ont été les suivants :

Après culture sur milieu témoin pendant	Optimum thermique sur milieu témoin.
2 jours	41°,5
8 jours	40
60 jours	40,5

([1]) Charles Richet, Eudoxie Bachrach et Henry Cardot, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 842-845. — Henry Cardot et Henri Laugier, *Comptes rendus* 176, 1923, p. 1087. — *Journal de Physiol. et de Path. gén.*, 19, 1923, p. 54-69, et *Ann. de Physiol. et de Physicoch. biol.*, 1, 1925, p. 1-17.

Conclusions. — I. La modification du milieu sous l'action prolongée d'un sel modifie profondément la biologie de la cellule;

II. Sous l'action prolongée du chlorure de potassium, nous avons pu constater jusqu'à présent deux nouvelles propriétés acquises;

III. Ces nouveaux caractères sont héréditairement stables.

M. Ch. Lallemand présente deux brochures intitulées : *La crise monétaire et son remède* et *Veut-on relever le franc?*, dans lesquelles se trouvent développées les considérations exposées par lui, devant l'Académie, en février 1924, au sujet de la restauration de notre monnaie.

Il y a quatre cents ans, le grand astronome Copernic écrivait ceci (*De Moneta*, 1521) : « L'une des principales causes — mais que *très peu de personnes comprennent* — de l'abaissement des nations est la dépréciation de la monnaie. Par des voies cachées et sans violence, elle conduit un empire à sa perte. » Autrement dit, un État se ruine plus vite et plus sûrement en dépréciant son étalon monétaire qu'en se couvrant de dettes. Cette grande vérité, à peu près ignorée du public, a trouvé en Europe, dans ces dernières années, des vérifications multiples et éclatantes.

En ce qui touche notre pays, la cause unique de la diminution de valeur du franc est la mise en circulation de billets dépourvus de gage réel, c'est-à-dire de billets non garantis par l'encaisse métallique ou par le portefeuille commercial de la Banque de France; le véritable et seul remède à cette situation consistait, dès lors, évidemment à retirer peu à peu et à détruire les billets de cette nature.

Un amortissement de ceux-ci, à raison de deux milliards par an, avait même été prévu par la loi du 30 décembre 1920. Si elle eût été rigoureusement appliquée — chose d'autant plus facile qu'en fait la somme à verser chaque année à la Banque se réduisait à 1200 millions — la valeur du franc papier eût forcément augmenté et, dans un délai d'une douzaine d'années, se fût progressivement rapprochée du pair. Aucun porteur de bons de la Défense n'eût eu la tentation d'en demander le remboursement, et la crise actuelle ne se fût pas produite.

En raison de l'indéracinable sophisme qui fait assimiler à une monnaie fiduciaire la dette flottante, cette méthode, malheureusement, n'a pas été suivie et la situation s'est aggravée, justifiant ainsi pleinement les pronostics formulés par M. Lallemand il y a dix-huit mois.

Le remède indiqué subsiste d'ailleurs toujours, et il reste le seul; mais l'application en devient, hélas, chaque jour, plus difficile.

NOMINATIONS.

L'Académie désigne MM. **Émile Picard**, **A. Lacroix**, **Lallemand**, **Bourgeois**, **Ferrié** pour la représenter à la session du *Conseil international de recherches* qui se tiendra à Bruxelles du 7 au 10 juillet 1925.

M. **Antoine Guntz** est désigné pour représenter l'Académie au Centenaire de l'*École nationale des Eaux et Forêts*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **H. Le Chatelier** est élu membre de la deuxième Section de la Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques en remplacement de M. *A. Haller*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Topographie*, par Eugène Prévot. *Instruments. Méthodes.* (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

2° *Rapport sur l'organisation du Service sismologique en Espagne*, par Eduardo Torellas Tondo. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

3° *Comptes rendus des séances de la deuxième Conférence de la Section de Sismologie de l'Union géodésique et géophysique internationale*, rédigés par le secrétaire E. Rothé. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

4° *Vision de la fovéa et de la circulation rétinienne*, par E.-P. Fortin.

TECHNOLOGIE. — *Méthode d'élaboration et de publication des vocabulaires internationaux scientifiques et techniques*. Note de M. **Rollet de l'Isle**, présentée par M. H. Sebert.

La Conférence internationale pour l'emploi de l'esperanto dans les sciences pures et appliquées, qui vient de se tenir à Paris, sous le patronage de plusieurs membres de l'Académie des Sciences, a adopté une méthode d'élaboration et de publication des vocabulaires scientifiques et techniques en esperanto, qui présente un intérêt général au point de vue de l'étude de la terminologie scientifique et technique. Cette méthode est la suivante :

En ce qui concerne l'élaboration, chaque terme technique en esperanto étant déduit, suivant des règles simples et précises, des termes exprimant la même notion dans les principales langues nationales, il est nécessaire, pour les déterminer, de rechercher ces derniers, et l'on est ainsi conduit à constituer des vocabulaires permettant la traduction exacte d'une langue dans une autre.

En ce qui concerne la publication, la forme adoptée permet d'augmenter indéfiniment le nombre des langues que contient le vocabulaire sans entraîner de rééditions coûteuses; elle rend possible de limiter l'acquisition de ces publications aux langues dont on a besoin, ce qui évite des dépenses sans objet; elle diminue considérablement le prix de ces vocabulaires actuellement fort élevé.

Pour atteindre ces résultats, chaque vocabulaire se compose d'une série de fascicules dont chacun correspond à une langue nationale et contient, d'une part, un texte rédigé sous forme didactique, mais en ne donnant que les définitions ou les figures nécessaires pour préciser chaque terme, lequel est suivi d'un numéro d'ordre; et, d'autre part, une table alphabétique, dans laquelle figurent tous les termes définis dans la première partie, suivis chacun de son numéro d'ordre.

Dans tous les fascicules les termes correspondants ont le même numéro d'ordre.

On pourra donc publier un nouveau fascicule chaque fois qu'il paraîtra utile de donner les termes dans une nouvelle langue; l'acheteur pourra limiter son acquisition aux fascicules correspondant aux langues dont il a besoin, le prix de ces fascicules ne sera pas élevé, car ils seront peu volumineux et les figures seront communes à ceux d'une même technique ; enfin les rééditions nécessitées par le développement de la technique n'entraîne-

ront que de faibles dépenses, puisque seuls les chapitres intéressés et la table devront être remaniés.

Le travail de préparation de ces vocabulaires sera d'ailleurs fort utile au point de vue de la terminologie nationale elle-même. L'exposé didactique, réduit aux définitions, permet en effet de suivre l'accroissement du vocabulaire parallèlement au développement de la science ou de la technique, et de vérifier si les termes successivement introduits l'ont été à bon escient, répondent bien à des nécessités, ne prêtent pas à confusion ou ne pourraient être avantageusement remplacés.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales périodiques infiniment voisines des équations aux dérivées partielles du premier ordre*. Note [1] de M. **R.-H. Germay.**

Soit l'équation aux dérivées partielles du premier ordre

$$(1) \qquad p_1 = f(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, p_3, \ldots, p_n, \lambda_1, \ldots, \lambda_s)$$

où $\lambda_1, \ldots, \lambda_s$ désignent des paramètres variables. Soit $\chi(x_2, \ldots, x_n)$ une fonction holomorphe en $x_2'^0, \ldots, x_n'^0$ et dans le domaine de ce point. Écrivons

$$(2) \qquad z_0' = \chi(x_2'^0, \ldots, x_n'^0), \quad p_j'^0 = \frac{\partial \chi}{\partial x_j}(x_2'^0, \ldots, x_n'^0) \quad (j = 2, \ldots, n).$$

Soit $x_1'^0$ une valeur de x_1. Supposons la fonction f holomorphe au point

$$x_1'^0, x_2'^0, \ldots, p_n'^0, \lambda_1 = \ldots = \lambda_s = 0$$

et dans son domaine.

Considérons l'équation aux dérivées partielles

$$(3) \qquad p_1 = f(x_1, \ldots, p_n, 0, \ldots, 0) = \varphi(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n).$$

Supposons que les fonctions φ et χ admettent par rapport à $x_2, \ldots, x_n$ les périodes $\omega_2, \ldots, \omega_n$ et que, de plus, la fonction φ et l'intégrale du système différentiel des caractéristiques de Cauchy relatif à l'équation (3) aient, par rapport à x_1, la période ω_1 quand les valeurs initiales $z^0, p_2^0, \ldots, p_n^0$ sont liées aux valeurs initiales arbitraires $x_2^0, \ldots, x_n^0$ par les relations

$$(4) \qquad z^0 = \chi(x_2^0, \ldots, x_n^0), \quad p_j^0 = \frac{\partial \chi}{\partial x_j}(x_2^0, \ldots, x_n^0) \quad (j = 2, 3, \ldots, n).$$

L'intégrale de Cauchy $\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ de l'équation (3) se réduisant à $\chi(x_2, \ldots, x_n)$ pour $x_1 = x_1'^0$ admet par rapport à $x_1, x_2, \ldots, x_n$ les périodes $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$.

(1) Séance du 22 juin 1925.

Pour des valeurs suffisamment petites en module des paramètres $\lambda_1, \ldots, \lambda_s$, l'équation (1) admet-elle une intégrale F possédant par rapport à $x_1, \ldots, x_n$ les périodes $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$? Considérons le système différentiel des caractéristiques de Cauchy de l'équation (1)

$$(5)\quad \frac{dx_j}{dx_1} = -\frac{\partial f}{\partial p_j}, \quad \frac{dz}{dx_1} = f - \sum_{k=2}^{k=n} p_k \frac{\partial f}{\partial p_k}, \quad \frac{dp_j}{dx_1} = \frac{\partial f}{\partial x_j} + p_j \frac{\partial f}{\partial z} \quad (j = 2, \ldots, n).$$

Soient $x_j^0 + \varepsilon_{j\infty}$, $z^0 + \xi_\infty$, $p_j^0 = \pi_{j\infty}$ des valeurs initiales convenables. Intégrons le système (5) par la méthode des approximations successives de M. Picard sous la forme

$$(6)\quad \begin{cases} x_j = x_{j\infty}(x_1, x_1'^0, x_2^0 + \varepsilon_{2\infty}, \ldots, x_n^0 + \varepsilon_{n\infty}, z^0 + \xi_\infty, p_2^0 + \pi_{2\infty}, \ldots, p_n^0 + \pi_{n\infty}, \lambda_1, \ldots, \lambda_s), \\ z = z_\infty\ (x_1, x_1'^0, x_2^0 + \varepsilon_{2\infty}, \ldots, p_n^0 + \pi_{n\infty}, \lambda_1, \ldots, \lambda_s), \\ p_j = p_{j\infty}(x_1, x_1'^0, x_2^0 + \varepsilon_{2\infty}, \ldots, p_n^0 + \pi_{n\infty}, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) \qquad (j = 2, \ldots, n). \end{cases}$$

Pour que l'intégrale (6) ait la période ω_1 par rapport à x_1, les $\varepsilon_{j\infty}$, ξ_∞, $\pi_{j\infty}$ doivent satisfaire aux équations [1]

$$(7)\quad \begin{cases} x_{j\infty}(x_1'^0 + \omega_1, x_1'^0, x_2^0 + \varepsilon_2, \ldots, p_n^0 + \pi_n, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) - x_j^0 - \varepsilon_j = 0, \\ z_\infty\ (x_1'^0 + \omega_1, x_1'^0, x_2^0 + \varepsilon_2, \ldots, p_n^0 + \pi_n, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) - z^0 - \xi = 0, \\ p_{j\infty}(x_1'^0 + \omega_1, x_1'^0, x_2^0 + \varepsilon_2, \ldots, p_n^0 + \pi_n, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) - p_j^0 - \pi_j = 0 \\ \qquad (j = 2, \ldots, n). \end{cases}$$

Celles-ci sont vérifiées pour $\lambda_1 = \ldots = \lambda_s = \varepsilon_j = \xi = \pi_j = 0$. Supposons que, pour ces valeurs, le jacobien des équations (7) relatif aux ε_j, ξ, π_j soit différent de zéro. Elles définissent des fonctions implicites des paramètres $\lambda_1, \ldots, \lambda_s$ se réduisant à zéro pour $\lambda_1 = \ldots = \lambda_s = 0$. Ces solutions dépendent en outre des valeurs $x_1'^0$, ω_1, x_2^0, $\ldots$, p_n^0. A ce titre, nous les écrirons

$$(8)\qquad \varepsilon_{j\infty}(x_1'^0, \omega_1, x_2^0, \ldots, x_n^0, z^0, p_2^0, \ldots, p_n^0, \lambda_1, \ldots, \lambda_s), \ldots.$$

Nous poserons ensuite :

$$(9)\quad \begin{cases} \mathcal{E}_{j\infty}(t_1, \ldots, t_{n-1}, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) = \varepsilon_{j\infty}\left(x_1'^0, \omega_1, t_1, \ldots, t_{n-1}, \chi, \dfrac{\partial \chi}{\partial t_1}, \ldots, \dfrac{\partial \chi}{\partial t_{n-1}}, \lambda_1, \ldots, \lambda_s\right), \\ \mathcal{H}_\infty(t_1, \ldots, t_{n-1}, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) = \xi_\infty\left(x_1'^0, \omega_1, t_1, \ldots, \dfrac{\partial \chi}{\partial t_{n-1}}, \lambda_1, \ldots, \lambda_s\right), \\ \mathcal{P}_{j\infty}(t_1, \ldots, t_{n-1}, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) = \pi_{j\infty}\left(x_1'^0, \omega_1, t_1, \ldots, \dfrac{\partial \chi}{\partial t_{n-1}}, \lambda_1, \ldots, \lambda_s\right) \\ \qquad (j = 2, \ldots, n). \end{cases}$$

---

[1] Voir E. PICARD, *Traité d'Analyse*, 2e édition, 3, Chap. VIII, § 8, p. 167, et E. GOURSAT, *Cours d'Analyse mathématique*, 3e édition, 3, Chap. XXIII, § 464, p. 25.

Pour que les valeurs initiales $x_j^0 + \varepsilon_{j\infty}$, $z^0 + \xi_\infty$, $p_j^0 + \pi_{j\infty}$ puissent servir à définir une intégrale, on doit avoir

$$(10) \qquad d(\chi + \mathcal{H}_\infty) = \sum_{j=2}^{j=n} \left[\frac{\partial \chi}{\partial t_{j-1}} + \mathcal{P}_{j\infty} \right] d(t_{j-1} + \mathcal{E}_{j\infty})$$

quand l'opération de différentiation totale porte sur les variables t. Supposons cette condition réalisée. L'intégrale F et ses dérivées partielles $\frac{\partial F}{\partial x_2}$, ..., $\frac{\partial F}{\partial x_n}$ sont définies comme fonctions implicites par des équations qui s'obtiennent en éliminant les t entre les relations

$$(11) \quad \left\{ \begin{array}{l} t_{j-1} + \mathcal{E}_{j\infty}(t_1, \ldots, t_{n-1}, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) = x_{j\infty}(x_1'^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n, \lambda_1, \ldots, \lambda_s), \\ \chi + \mathcal{H}_\infty(t_1, \ldots, t_{n-1}, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) = z_\infty(x_1'^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n, \lambda_1, \ldots, \lambda_s), \\ \frac{\partial \chi}{\partial t_{j-1}} + \mathcal{P}_{j\infty}(t_1, \ldots, t_{n-1}, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) = p_{j\infty}(x_1'^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) \\ \qquad (j = 2, \ldots, n). \end{array} \right.$$

On le montre en reprenant le raisonnement fait antérieurement.

Le jacobien des $(n-1)$ premières équations (11) par rapport aux t se réduit à 1 pour $\lambda_1 = \ldots = \lambda_s = 0$; elles sont vérifiées par les valeurs initiales $x_1 = x_1'^0$, x_2, ..., x_n, z, p_2, ..., p_n, $t_{j-1} = x_j$, $\lambda_1 = \ldots = \lambda_s = 0$. On en tire les t_{j-1} sous la forme

$$(12) \qquad t_{j-1} = \theta_{j\infty}(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) \qquad (j = 2, \ldots, n).$$

F, $\frac{\partial F}{\partial x_2}$, ..., $\frac{\partial F}{\partial x_n}$ sont alors définies par les équations

$$(13) \quad \left\{ \begin{array}{l} z_\infty(x_1'^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) \\ \quad - \chi[\theta_{2\infty}(x_1, \ldots, \lambda_s), \ldots, \theta_{n\infty}(x_1, \ldots, \lambda_s)] \\ \quad - \mathcal{H}_\infty[\theta_{2\infty}(x_1, \ldots, \lambda_s), \ldots, \theta_{n\infty}(x_1, \ldots, \lambda_s), \lambda_1, \ldots, \lambda_s)] = 0, \\ p_{j\infty}(x_1'^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n, \lambda_1, \ldots, \lambda_s) \\ \quad - \frac{\partial \chi}{\partial t_{j-1}} [\theta_{2\infty}(x_1, \ldots, \lambda_s), \ldots, \theta_{n\infty}(x_1, \ldots, \lambda_s)] \\ \quad - \mathcal{P}_{j\infty}[\theta_{2\infty}(x_1, \ldots, \lambda_s), \ldots, \theta_{n\infty}(x_1, \ldots, \lambda_s), \lambda_1, \ldots, \lambda_s)] = 0 \\ \qquad (j = 2, \ldots, n). \end{array} \right.$$

Ces équations sont vérifiées par les valeurs initiales $x_1 = x_1'^0$, $\lambda_1 = \ldots = \lambda_s = 0$, x_2, ..., x_n, $z = \chi$, $p_j = \frac{\partial \chi}{\partial x_j}$ et leur jacobien par rapport à z, p_2, ..., p_n se

réduit à 1 pour $x_1 = x_1'^0$, $\lambda_1 = \ldots = \lambda_s = 0$. Les formules (11), (12), (13) montrent que F et les $\frac{\partial F}{\partial x_j}$ sont périodiques de périodes $\omega_2, \ldots, \omega_n$ par rapport à $x_2, \ldots, x_n$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fractions continues attachées à des opérations à une unité près par excès ou par défaut.* Note de M. **Armand Cahen**, présentée par M. Paul Appell ([1]).

Soient N le nombre à développer, $R(z)$ une opération par excès, a_n le $n^{\text{ième}}$ module, P_n la réduite d'ordre n, Q_n ce que devient P_n, quand on y remplace a_n par a_{n-1}

$$P_n = [a_1, a_2, \ldots, a_{n-1}, a_n], \qquad Q_n = [a_1, a_2, \ldots, a_{n-1}, a_n - 1].$$

La suite décroissante (P_n) dont les termes restent supérieurs à N est convergente; soit l sa limite. Si aucun des Q_n ne devient infini, on a les inégalités

$$(\alpha) \qquad R(a_1 - 1) = Q_1 < Q_2 < Q_3 < \ldots < Q_n < N \leqq l < P_n < P_{n-1} < \ldots < P_2 < P_1 = R(a_1),$$

quand la suite (P) est limitée, la fraction continue est limitée; dans le cas contraire, deux hypothèses sont possibles : ou bien les Q_n sont en nombre illimité, alors $N = l$ et N est le seul nombre susceptible du développement (P), ou bien les Q_n sont en nombre limité, c'est-à-dire qu'à partir d'un certain rang k tous les Q_n restent égaux. La condition $Q_{k+1} = Q_k$ revient à

$$R(a_k) - \frac{R(a_k) - R(a_k - 1)}{R(a_{k+1} - 1)} = R(a_k - 1),$$

d'où l'on tire $R(a_{k+1} - 1) = 1$. S'il existe un entier p tel que $R(p) = 1$, on voit que $a_{k+1} = a_{k+2} = \ldots = p + 1$, ce qui met en évidence une monopériode de module $p + 1$. En particulier si $R(1) = 1$, le module est 2. Tous les nombres compris entre Q_k et l (sauf Q_k) ont même développement que l. Ce qui précède ne donne aucune indication sur la forme de R, quand il y a monopériodicité. Voici une démonstration qui s'applique au cas où $R(z)$, pour les valeurs entières de z, est assimilable à un polynome à coefficients entiers.

([1]) Cf. *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 934-936; 178, 1924, p. 2230-2232, et 179, 1924, p. 932-934.

Supposons $R(1) = 1$, $R(2) \geqq 2$. Soit $N = \frac{a+b}{a}$ un nombre à développer, la différence δ des deux termes de la fraction est égale à b. Si N est compris entre $R(\lambda)$ et $R(\lambda+1)$ le premier quotient complet sera

$$a[R(\lambda+1) - R(\lambda)] : [aR(\lambda+1) - a - b].$$

La nouvelle différence entre les deux termes est $b - a[R(\lambda) - 1]$. Elle est inférieure à b, car $R(\lambda) > 1$. Donc quand on passe d'un quotient complet au suivant, la différence des deux termes diminue. Ou bien l'on finira par trouver un quotient complet $R(n)$ et le développement est limité; ou bien la différence δ finira par devenir égale à *un* et donnera lieu à un quotient complet de la forme $\frac{p+1}{p}$.

Si $R(2) > 2$, on sait que $\frac{p+1}{p}$ est monopériodique de module 2; il en résulte que N est périodique mixte de monopériode 2. C'est ce qui arrive pour les systèmes R de la forme z^2, $\Gamma(2z-1)$, $\frac{z(z+1)}{2}$, $\frac{z(z+1)(2z+1)}{7}$, etc.

Si $R(2) = 2$, $\frac{p+1}{p}$ donne lieu à un développement dont les quotients complets successifs sont $\frac{p}{p-1}$, $\frac{p-2}{p-1}$, $\ldots$, $\frac{2}{p-(p-1)} = 2$; 2 est le dernier quotient complet, le développement est limité; donc il en est de même pour N. C'est ce qui arrive pour $R(z) = \Gamma(z)$, $R(z) = z$.

Dans ce dernier cas on retrouve les fractions continues des éléments.

Il y a polypériodicité dans le cas où certains des Q_n deviennent infinis. Par exemple, si $R(0) = 0$, $R(1) < 4$, il y a polypériodicité; si $R(0) = 0$, $R(1) \geqq 4$, il y a monopériodicité.

Je voudrais en terminant dire un mot des fractions continues par défaut. Ici l'on passe d'un quotient complet x compris entre $R(\lambda)$ et $R(\lambda+1)$ au quotient suivant y, en remplaçant x par $R(\lambda) + [R(\lambda+1) - R(\lambda)] : y$. On a les inégalités

$$P_1 < P_3 < \ldots < P_{2n+1} < l_1 \leqq N \leqq l_2 < P_{2n} < P_{2n-2} < \ldots < P_4 < P_2,$$

si $l_1 = l_2$ N est représenté par son développement et est seul représentable. Si $l_1 \neq l_2$ les nombres compris entre l_1 et l_2 sont équidéveloppables; mais le développement est divergent, les réduites d'ordre impair tendent vers l_1; celles d'ordre pair vers l_2. Soit [1] $R(z) = z^2$, je démontre que pour les

(1) Cf. P. Appell, *Intermédiaire des Mathématiciens*, 20, 1913, p. 169.

nombres rationnels le développement est limité ou périodique; que tout développement périodique est convergent et que par conséquent dans ce système tout nombre rationnel est représenté par son développement. Par exemple

$$20 = [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 1, 1, 8, 1, 3, 1, 2, 1, \overline{2, 1, 2, 3}]$$
$$4A + 1 = [2A^{2^{n-1}}, 2A^{2^{n-2}}, 2A^{2^{n-3}}, \ldots, 2A^8, 2A^4, 2A^2, 2A, 2n+1]$$
$$[\text{si } A = p(p+1)].$$

Toutes ces considérations seront développées dans un Mémoire qui paraîtra très prochainement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des intégrales d'équations différentielles par des conditions initiales générales.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

1. Dans une Note précédente (¹), *nous avons ramené la recherche de solutions* $y_i (i = 1, 2)$ *du système* (E) *vérifiant les conditions* (f) ou $f_i(y_1^i y_2^i) = C_i$ *à la détermination de fonctions implicites* y_i satisfaisant aux équations $F_i(xy_1y_2\lambda x_i) = 0$ ou $f_i(y_1 y_2) + \lambda S_i - C_i = 0$, $f_i + \lambda S_i$ étant une série entière en λ, dont nous appellerons $\sigma_i(n)$ la somme des n premiers termes et $\rho_i(n)$ le reste correspondant. Nous allons énoncer *un nouveau théorème d'existence*, où le système de solutions y_i est encore *unique*, et donner une *expression explicite* d'une *fonction quelconque* $\Phi(y_1 y_2)$ de celles-ci (holomorphe dans D_i).

Supposons (*hypothèses* B) que δ puisse être choisi de façon que pour $\dot{x}_i$ situé dans un certain domaine θ_λ (intérieur à Δ et contenant les $\dot{x}_i$) qui correspond à la valeur λ du paramètre : 1° les deux fonctions $\sigma_1(n_1) - C_1$ et $\sigma_2(n_2) - C_2$, relatives à deux certains entiers n_1 et n_2, ne s'annulent ni l'une ni l'autre quand y_1 et y_2 sont respectivement sur les frontières Γ_1 et Γ_2 de $D_1(\delta)$ et $D_2(\delta)$; 2° y_i étant un point arbitraire à l'intérieur de Γ_j ou sur Γ_j, l'équation $\sigma_i(n_i) - C_i = 0$ a une racine et une seule y_i à l'intérieur de Γ_i, tandis que l'équation $\sigma_j(n_j) - C_j = 0$ n'en a pas, et vice versa. On a alors la proposition annoncée :

Troisième théorème d'existence. — *Avec les hypothèses* B, *le système* (E) *possède un système et un seul d'intégrales* y_i *satisfaisant aux conditions* (f) *et*

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1093.

holomorphes dans θ, *si* $|\rho_i(n_i)|$ *est* $<|\sigma_i(n_i) - C_i|$ *quand* y_i *décrit* Γ_i *et que* y_j *est quelconque à l'intérieur de* Γ_j — *conditions toujours réalisables si* $|\lambda|$ *ou les quantités* $|x_i - x_j|$ *sont suffisamment petits.*

De plus, on a dans ce cas d'après un raisonnement classique [1] :

$$\Phi(y_1 y_2) = -\frac{1}{4\pi^2}\int\int \frac{\Phi(z_1 z_2)}{F_1(xz_1 z_2 \lambda x_1)\, F_2(xz_2 z_2 \lambda x_2)} \frac{D(F_1 F_2)}{D(z_1 z_2)} dz_1\, dz_2,$$

les intégrations étant effectuées le long de Γ_1 et Γ_2. Un exemple simple est celui où les $f_i(y_1 y_2)$ sont linéaires, ainsi que l'une au moins des équations différentielles.

Nota. — On obtiendrait une généralisation des divers résultats antérieurs en remplaçant les points x_i (ou certains d'entre eux) par des fonctions $\psi_i(y_1 y_2 \ldots y_m)$ des variables y_i, de sorte que les conditions (f) seraient satisfaites alors en même temps que les relations $x = \psi_i$.

2. Dans les trois théorèmes d'existence indiqués, le système de solutions est *unique*. Dans d'autres cas, il pourra y avoir plusieurs systèmes de solutions, toujours définies comme fonctions implicites. D'ailleurs d'une manière générale celles-ci sont, comme l'a montré H. Poincaré (*Thèse*, p. 17), *fonctions algébroïdes*, ainsi que la variable x elle-même, d'une variable auxiliaire ξ (qui peut être x).

Or remarquons qu'on peut représenter une *fonction algébroïde* d'un nombre quelconque de variables dans toute région simplement connexe de son domaine d'existence par une série unique. Cela résulte immédiatement de ce qu'elle satisfait à une équation différentielle *linéaire*, qu'on peut former (toutes les variables sauf une étant considérées comme des paramètres) par des opérations purement algébriques, en suivant le procédé employé par J. Tannery dans sa Thèse pour des fonctions algébriques. Il suffit ensuite pour intégrer l'équation d'employer le développement fourni par les approximations successives de M. Picard [2].

---

(1) E. Picard, *Cours d'Analyse*, 2, 1893, p. 265-267.

(2) En vertu de cette remarque, on peut également trouver un développement en série *unique*, qui représente dans tout son domaine d'existence la solution générale d'une équation différentielle linéaire à second membre $R(x, z)$, dans le cas (généralisant celui d'une intégrale abélienne) où $R(x, z)$ contient, en outre de la variable indépendante x, une fonction *algébroïde* (ou algébrique) z de x.

Plus généralement, considérons m équations algébriques entières (P) par rapport à m quantités, qui peuvent être les m inconnues y_i elles-mêmes ou des fonctions linéaires Y_i de celles-ci et d'un nombre quelconque de leurs dérivées [tous les coefficients

3. Revenons un instant sur le problème général posé tout au début de la Note précédente (*loc. cit.*, p. 1093), chacune des m conditions initiales $f_i = C_i (i = 1, \ldots, m)$ pouvant alors contenir n'importe lesquelles des $m \times p$ valeurs $y_i(x_\nu)$ ou y_i^ν ($\nu = 1, \ldots, p$) prises en p points x_ν par les m intégrales inconnues $y_i(x)$ du système (E).

Appelons y_i^0 la valeur (située dans D_i) de $y_i(x)$ en un point quelconque $x = x_0$ de D; et formons le développement de $y_i(x)$ suivant les puissances croissantes soit de $(x - x_0)$ soit de λ (1), qui correspond à ces conditions initiales (x_0, y_i^0) de Cauchy. Si ce développement est convergent pour $x = x_\nu$, il donne ainsi y_i^ν, qu'on substitue dans les m équations $f_i = C_i$. Quand celles-ci définiront des fonctions y_i^0 de x_0, il pourra exister des solutions $y_i(x)$ répondant à la question. On aura ainsi notamment des théorèmes d'existence analogues aux trois précédents. Mais cette fois seuls les paramètres y_i^0, et non les intégrales $y_i(x)$ elles-mêmes, seront définis directement comme fonctions implicites. On n'obtiendra donc plus immédiatement ici une expression des solutions.

Par exemple, appelons $g_i(y_1^0, y_2^0, \ldots, y_m^0)$ ce que devient l'expression $f_i - C_i$ quand on y remplace toutes les quantités y_1^ν par y_1^0, toutes les quantités y_2^ν par y_2^0 ..., enfin y_m^ν par y_m^0 :

Théorème général d'existence. — *Si les m équations $g_i = 0$ ont (dans les domaines D_i) un système de solution $y_i^0 = \eta_i^0$ et si le Jacobien correspondant est $\neq 0$, le problème général posé admet un système et un seul de solutions $y_i(x)$, holomorphes dans un certain domaine comprenant les x_ν, pourvu que les points x_ν soient suffisamment voisins ou que λ soit suffisamment petit en module.*

---

des équations (P) et des fonctions Y_i étant des fonctions analytiques de la variable indépendante x]. On peut, d'après le même principe, exprimer les m inconnues y_i par des développements valables dans tout leur domaine d'existence.

Ceci peut même s'étendre au cas où les m quantités Y_i sont définies par les m équations (P) comme fonctions *algébroïdes* de *plusieurs* variables indépendantes $x, u, \ldots$, si ces Y_i sont des expressions formées avec les m inconnues y_i de façon que, si on les égalait à zéro, les équations $Y_i = 0$ seraient des équations aux dérivées partielles ou même des équations intégro-différentielles appartenant à la catégorie des équations que nous avons appelées *normales* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 570).

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 726.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la position des racines des fonctions entières de genre zéro et un.* Note de M. **J.-L. Walsh**, présentée par M. Hadamard.

Nous nous proposons dans cette Note de démontrer le théorème :

Théorème I. — *Soit* $F(z)$ *une fonction entière de genre zéro ou un :*

$$F(z) = e^{az+b} \prod_{k=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z}{a_n}\right),$$

où les nombres $a, b, a_1, a_2, \ldots, a_k, \ldots$ *sont tous réels. Soient* $c_1, c_2, \ldots, c_k, \ldots$ *les racines de la dérivée* $F'(z)$ *de* $F(z)$; *ces racines sont également réelles* (*Laguerre*).

Si les nombres α_k *sont tels que*

$$|a_k - \alpha_k| \leqq r \qquad (k = 1, 2, 3, \ldots; r \text{ constant}),$$

les racines de la dérivée $f'(z)$ *de la fonction*

$$f(z) = e^{az+b} \prod_{k=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z}{\alpha_k}\right)$$

se trouvent à l'intérieur des cercles

$$C_k : |z - c_k| = r, \qquad (k = 1, 2, 3, \ldots)$$

ou sur ces cercles.

Si un ensemble S *des cercles* C_k *n'a pas de point commun avec les autres cercles* C_k, *alors* S *contient un nombre de racines de* $f'(z)$ *égal à la somme des multiplicités des centres des cercles* C_k *appartenant à* S, *considérés comme racines de* $F'(z)$.

Le théorème I a déjà été démontré dans le cas où les fonctions $F(z)$ et $f(z)$ sont des polynomes et même des fonctions de la forme (1) (voir ci-après) (1); on se servira de ce résultat pour établir le théorème I. On se servira aussi du théorème suivant, essentiellement dû à Hürwitz :

Soient D *un domaine fermé du plan et* T *un domaine fermé dont tout point est point intérieur à* D. *Supposons que la suite des fonctions* $\{\varphi_k(z)\}$, *chacune*

(1) Walsh, *Transactions of the American Mathematical Society*, 24, 1922, p. 31-69, § 12; *Bulletin of the American Mathematical Society*, 30, 1924, p. 51-62, théorème II.

analytique dans D, *converge uniformément vers la fonction limite* $\varphi(z)$. *Si la fonction* $\varphi(z)$ *n'a pas de racine sur la frontière de* T, *et si l'on trace dans* T *des cercles arbitrairement petits, mais extérieurs les uns aux autres, ayant pour centres les racines de* $\varphi(z)$ *dans* T, *il existe un nombre* K *tel que pour* $k > K$ *la fonction* $\varphi_k(z)$ *a précisément r racines dans le cercle qui entoure une racine de* $\varphi(z)$ *de multiplicité* r; *la fonction* $\varphi_k(z)$ *n'a pas d'autres racines dans* T *que celles-ci* ([1]).

Reprenons la démonstration du théorème I. On remarque que les fonctions $F(z)$ et $f(z)$ n'ont pas seulement le même genre; elles ont encore le même ordre. Posons

$$(1) \qquad \begin{cases} F_k(z) = e^{az+b} \prod_{i=1}^{k} \left(1 - \dfrac{z}{a_i}\right), \\ f_k(z) = e^{az+b} \prod_{i=1}^{k} \left(1 - \dfrac{z}{\alpha_i}\right), \end{cases}$$

de façon que les suites $\{F_k(z)\}$ et $\{f_k(z)\}$ convergent uniformément dans tout domaine fini T, respectivement vers les limites $F(z)$ et $f(z)$. Nous appliquerons le théorème de Hürwitz aux dérivées de ces fonctions.

Soient T′ le domaine $|z| \leqq R$, T le domaine $|z| \leqq R + 2r$, où R est arbitraire, la frontière de T ne contenant pas de racine de $f'(z)$ ou de $f(z)$. Soit ε positif, quelconque, moindre que r et moindre que la distance la plus petite entre deux racines distinctes de $F'(z)$ situées dans T et que la distance la plus petite entre deux racines distinctes de $f'(z)$ situées dans T. Choisissons K de sorte que toutes les racines a_K et α_K pour $k > K$ soient à l'extérieur de T et que les racines de $F'_K(z)$ et de $f'_K(z)$ situées dans T s'écartent des racines correspondantes de $F'(z)$ et de $f'(z)$ respectivement de moins de $\frac{\varepsilon}{2}$. Toutes les racines de $f'_K(z)$ se trouvent dans les cercles de rayon r dont les centres sont les racines de $F'_K(z)$, d'après le théorème I relatif au cas des fonctions de la forme (1). Ceux de ces cercles qui sont dans T se trouvent ainsi dans les cercles de rayon $r + \frac{\varepsilon}{2}$ ayant pour centres les racines de $F'(z)$ situées dans T, où se trouvent par conséquent les racines de $f'_K(z)$ situées dans T″ : $|z| \leqq R + \frac{\varepsilon}{2}$. Les cercles de rayon $\frac{\varepsilon}{2}$ dont les centres sont ces dernières racines comprennent les racines de $f'(z)$ dans T′, et sont compris dans les cercles de rayon $r + \varepsilon$ dont les centres sont les

([1]) *Mathematische Annalen*, 33, 1889, p. 247-249.

racines de $F'(z)$ dans T. Comme ε est arbitraire, il s'ensuit que toutes les racines de $f'(z)$ se trouvent dans les domaines indiqués dans l'énoncé.

Il nous reste à considérer le nombre des racines de $f'(z)$ dans ε. D'après l'hypothèse, on peut choisir ε de telle sorte que les nouveaux cercles C'_K qui correspondent aux cercles de S, mais dont le rayon est augmenté de ε, n'ont pas de point commun avec les cercles C'_K qui restent. Ces nouveaux cercles qui correspondent aux cercles de S contiennent le nombre indiqué de racines de $f'(z)$, d'après le théorème de Hürwitz et le théorème I relatif au cas des fonctions (1). Donc, l'énoncé concernant le nombre de racines de $f'(z)$ est exact.

Le théorème I s'étend aux autres dérivées de $f(z)$, pourvu que r soit suffisamment petit. Il existe aussi un théorème analogue où il est question de segments de l'axe réel. Pour ces théorèmes qui concernent les polynomes, le lecteur est prié de se reporter aux articles déjà cités.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la sommation des séries de fonctions orthogonales.* Note [1] de M. **D. Menchoff**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $\varphi_1(x)$, $\varphi_2(x)$, $\varphi_3(x)$, ..., $\varphi_n(x)$, ... un système normé de fonctions orthogonales dans (0, 1), et soit $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n, \ldots$ une suite de constantes réelles quelconques. La série

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \varphi_n(x) \tag{1}$$

est dite *série de fonctions orthogonales.*

Dans un travail publié aux *Fundamenta Mathematicae* [2], j'ai démontré les théorèmes suivants :

Théorème I. — *Lorsque la série*

$$\sum_{n=1}^{\infty} (\log n)^2 a_n^2$$

converge, la série (1) *converge presque partout dans* (0, 1) [3].

Théorème II. — *Quelle que soit la fonction positive $w(n)$ vérifiant la*

---

[1] Séance du 22 juin 1925.

[2] D. Menchoff, *Sur les séries de fonctions orthogonales* (*Fundamenta Mathematicae*, 4, 1923, p. 82).

[3] Ce théorème avait été obtenu indépendamment par M. Rademacher, *Einige Zätze über Reihen von allgemeinen Orthogonalfunktionen* (*Mathematische Annalen*, 87, fasc. 1-2, 1922, p. 112).

condition

$$\lim_{n \to \infty} \frac{w(n)}{(\log n)^2} = 0,$$

il existe toujours une série (1) *qui diverge partout dans* (0, 1), *tandis que la série*

(2) $$\sum_{n=1}^{\infty} w(n) a_n^2$$

converge.

Dans cette Note, je me propose d'énoncer les résultats analogues relatifs aux procédés de sommation de Cesarò et de Poisson. J'ai démontré les théorèmes suivants :

Théorème III. — *Lorsque la série*

$$\sum_{n=2}^{\infty} (\log \log n)^2 a_n^2$$

converge, la série (1) *est sommable presque partout dans* (0, 1) *par les procédés de Cesarò de tout ordre positif et*, par suite, *par le procédé de Poisson.*

Théorème IV. — *Quelle que soit la fonction positive* $w(n)$ *vérifiant la condition*

$$\lim_{n \to \infty} \frac{w(n)}{(\log \log n)^2} = 0,$$

il existe toujours une série (1) *qui n'est sommable en aucun point par le procédé de Poisson, tandis que la série* (2) *converge.*

Les procédés de sommation de Cesarò et de Poisson sont des cas particuliers des procédés qui consistent à définir la somme d'une série quelconque

$$\sum_{n=1}^{\infty} u_n$$

comme

$$\lim_{\rho \to g} \sum_{n=2}^{\infty} \beta_n(\rho) u_n,$$

où $0 \leq \beta_n(\rho) \leq 1$, $\lim_{\rho \to g} \beta_n(\rho) = 1$ et g est un nombre fixe. On peut se poser la question suivante : Existe-t-il un procédé de sommation vérifiant les conditions indiquées et tel que la convergence de la série

(3) $$\sum_{n=1} a_n^2$$

implique la sommation presque partout dans (0, 1) par ce procédé de la série (1)? La réponse est négative. On peut, en effet, démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME V. — *Quel que soit le procédé de sommation possédant les propriétés indiquées, il existe toujours une série* (1) *qui n'est sommable en aucun point par ce procédé, tandis que la série* (3) *converge.*

Le théorème V subsiste aussi lorsqu'on y remplace les procédés indiqués par ceux de M. Taeplitz.

ASTRONOMIE. — *Sur le prochain retour de la comète périodique Borrelly* (1905 II = 1911 VIII = 1918). — Note de MM. **G. Fayet** et **A. Schaumasse**, présentée par M. B. Baillaud.

Découverte le 28 décembre 1904, par M. Borrelly à l'aide du chercheur de l'Observatoire de Marseille, cette comète fut suivie jusqu'au 24 mai 1905. En utilisant 8 lieux normaux formés avec les 415 observations obtenues, M. Fayet en a déduit des éléments publiés [1] :

En 1911, la comète a été retrouvée le 19 septembre $\left(\frac{1}{2^2\Delta^2} = 0,33\right)$, d'une façon indépendante, par M. Schaw, à Helwan et par M. Schaumasse, à Nice; l'astre a pu être suivi jusqu'au 8 juin 1912. On a effectué environ 360 observations, à l'aide desquelles M. Fayet a constitué 10 lieux normaux et obtenu un système qui représente le mieux cette seconde apparition [2].

En considérant l'ensemble de ces deux premières apparitions et en faisant intervenir l'action perturbatrice des grosses planètes de 1905 à 1919, on parvient à un systéme A.

Le 6 août 1918, alors que $\frac{1}{r^2\Delta^2}$ atteignait seulement 0,11, M. Fayet a retrouvé la comète, à l'aide de l'équatorial de 38^{cm} de Nice. L'astre a été observé jusqu'au 21 avril 1919, mais les mesures ont été relativement peu nombreuses : 115.

M. Schaumasse, en groupant ces données suivant 8 lieux normaux, a conclu pour le meilleur système représentatif de cette troisième apparition un système B.

---

(1) *Annales de l'Observatoire de Paris, Mémoires*, **30**, 1914, p. A.1 à A.136.

(2) *Comptes rendus*, **167**, 1918, p. 213.

Pour la période 1919 à 1925, on s'est limité au calcul des perturbations du premier ordre dues à l'action de Jupiter et de Saturne, ce qui a donné :

$\Delta M_0 + \int\int \frac{d\mu}{dt} dt^2$	$+42'.56'',4$
$\Delta\Pi$	$+ 2.48,6$
$\Delta\Omega$	$+ 0.36,3$
Δi	$+ 1.14,1$
$\Delta\varphi$	$+ 5.52,3$
$\Delta\mu$	$+ 1.5271$

Pour le prochain retour de la comète, les systèmes A et B deviennent respectivement :

Date d'osculation : 1925 *juin* 22,5 (temps civil Greenwich).

	A.	B.	
M	$344°.35'.10'',6$	$344°.34'.59'',6$	
Π	69.27.32,0	69.27.32,5	Écliptique
☊	77. 2. 6,2	77. 2. 7,1	et équinoxe moyens
i	30.30.38,7	30.30.40,3	1925,0.
φ	38. 3.30,1	38. 3.30,0	
μ	515″,3398	515″,3157	

Ces deux systèmes diffèrent très peu. Employés pour le calcul d'une éphéméride, ils ne donnaient, le 23 juin, qu'une différence de $1^s,6$ en ascension droite et de 23″ en déclinaison, $\frac{1}{r^2\Delta^2}$ était égal à 0,07.

D'après la position conclue de la comète, il ne semble pas qu'elle puisse être recherchée utilement sous nos latitudes avant la fin de juillet.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le calcul du rendement et du bilan thermique des moteurs à explosions.* Note de M. **André Planiol** présentée par M. G. Kœnigs.

Nous avons effectué, dans des conditions aussi favorables que possible à la précision, une série de mesures en vue de déterminer la valeur de l'exposant K dans l'expression $pv^K = p_0 v_0^K$ des lignes polytropiques de compression et de détente dans les diagrammes de moteurs à explosions.

Nous avons trouvé le long de l'une et l'autre ligne K = 1,30, l'écart entre les pressions calculées d'après cette valeur et les pressions mesurées a été en

moyenne égal à 0,02 kg/cm², soit inférieur à l'erreur à prévoir dans les mesures à l'indicateur.

L'invariabilité de K suivant une ligne de transformation, rapprochée de la variation des chaleurs spécifiques des gaz avec la température, condamne le mode de calcul usuel du rendement du cycle.

Au contraire, une interprétation correcte de ces données expérimentales nous a permis d'obtenir avec précision, non seulement le rendement thermique du moteur, mais encore son bilan thermique : il suffit pour cela de calculer l'échange de chaleur entre le fluide évoluant et les parois du cylindre ainsi que nous allons le montrer.

On sait en effet que les chaleurs spécifiques des gaz, dans les limites de leur évolution dans les moteurs à explosion peuvent être mises sous la forme

$$c = a + bT, \qquad C = AR + a + bT.$$

Les coefficients numériques sont dans le cas d'un mélange formé en poids d'une partie d'heptane par 15,7 portions d'air :

$$a = 0{,}17, \qquad b = 5{,}17 \times 10^{-5}, \qquad AR = 0{,}07.$$

D'autre part, le fluide moteur obéissant aux lois de Mariotte et de Gay-Lussac, on a

$$\frac{dT}{T} = \frac{dp}{p} + \frac{dv}{v}.$$

L'expression de la chaleur élémentaire est

$$dq = T\left(c\frac{dp}{p} + C\frac{dv}{v}\right).$$

Mais, de l'équation $Tv^{K-1} = T_0 v_0^{K-1}$ de la ligne polytropique on tire

$$\frac{dv}{v} = \frac{1}{1-K}\frac{dT}{T}$$

et la chaleur élémentaire échangée dans cette transformation est

$$dq = \frac{1}{1-K}(C - Kc)\,dT = \left(\frac{AR}{1-K} + a + bT\right)dT.$$

La quantité totale de chaleur dépend donc seulement des températures initiale T_i et finale T_f

$$q = \left(\frac{AR}{1-K} + a\right)(T_f - T_i) + \frac{b}{2}(T_f^2 - T_i^2).$$

Le calcul des températures aux sommets du diagramme, effectué en utilisant les valeurs de c et de C, donne la perte à l'échappement q_e par unité de poids du fluide. Le travail théorique produit par cycle $\mathcal{C}_t$ fournit d'autre part le travail indiqué $\mathcal{C}_i$ en tenant compte des imperfections du diagramme réel dont le rendement est $\eta_d = \frac{\mathcal{C}_i}{\mathcal{C}_t}$: Le travail utile par cycle est $\mathcal{C}_u = \eta_m \mathcal{C}_i$, η_m représentant le rendement mécanique.

Le poids de mélange admis par cycle étant connu, le poids de mélange consommé par cheval-heure est alors déterminé, ce qui fournit les pertes par la paroi φ_p et par l'échappement φ_e correspondant à un cheval-heure.

En appelant φ_d l'équivalent du travail dissipé par les différentes causes de perte signalées, φ_{tr} l'équivalent du travail utile et φ la quantité connue de chaleur introduite, l'expression

$$\varphi - (\varphi_p + \varphi_e + \varphi_d + \varphi_{tr})$$

représente l'erreur de fermeture du bilan.

L'exemple numérique suivant dont les données sont celles des moteurs d'aviation actuels donnera une idée de la valeur pratique de ce mode de calcul.

Conditions de fonctionnement. — Rapports de compression : brut 5,55, réel 5,00. Coefficient de remplissage 0,88. Rendement mécanique $\eta_m = 0,88$. Rendement du diagramme $\eta_d = 0,93$. Pression ambiante 1 kg/cm². Température ambiante + 10° C. Mélange 1g d'air pour 15g,7 d'heptane.

Résultats obtenus (rapportés au cheval-heure). — Quantité de chaleur introduite 2120Cal. Rendement thermique utile 0,299. Pression moyenne utile 9,05 kg/cm². Pression d'explosion : théorique 44,5 kg/cm², réelle 36 kg/cm².

Bilan thermique.

	Calories.
Pertes à la paroi	254
Pertes à l'échappement	1103
Pertes de travail	141
Travail utile	635
Total	2133

Le bilan thermique se ferme à un demi pour 100 près tandis que la pression moyenne et la consommation spécifique sont conformes aux résultats obtenus dans les essais de moteurs.

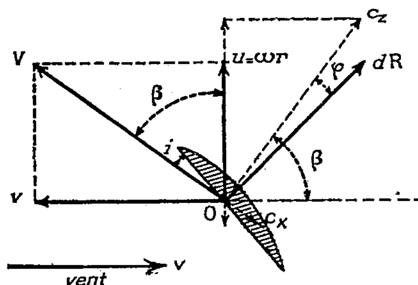
MÉCANIQUE. — *Sur le rendement des appareils récepteurs de l'énergie du vent.* Note [1] de M. **Louis Breguet**, présentée par M. Rateau.

La théorie générale que je présente ici analyse les actions aérodynamiques sur les éléments des pales d'un moulin à axe horizontal, actions qui dépendent de la forme du contour, du nombre, du profil et de l'incidence des pales, *ainsi que du rapport entre leur surface développée et celle du cercle balayé.*

A la suite de mes expériences de 1906 sur un manège d'ailes tournantes, j'avais déjà montré à quel point les qualités des ailes sont affectées par leur nombre en raison de leurs interactions mutuelles et j'en avais indiqué les variations en fonction du rapport de la surface alaire à celle du cercle balayé.

Plus généralement, pour les éléments des pales situés à la distance r de l'axe de rotation, je désignerai par λ le rapport de leur surface ds à celle de l'anneau circulaire balayé par eux dans le plan de rotation. $\tang\varphi$ étant la résistance relative $\frac{c_x}{c_z}$ et ζ_1 le minimum de $\zeta = \frac{c_x \cos\varphi}{c_z^{\frac{3}{2}}}$ *tous deux fonction de* λ, je démontrerai ici que la valeur de $\frac{\lambda}{\zeta_1^2}$ pour l'élément central caractérise le rendement maximum d'un moulin.

Soient en effet v la vitesse du vent, $u = \omega r$ celle des éléments considérés



et V leur vitesse aérodynamique inclinée de β sur le plan de rotation, c_x et c_z correspondant à l'incidence i, la puissance utile élémentaire a pour valeur :

$$(1) \qquad dW = \frac{a}{2g}(c_z \sin\beta - c_x \cos\beta)\,\omega r V^2 ds = \frac{a}{2g}\,\frac{c_z \sin(\beta - \varphi)}{\cos\varphi}\,\omega r V^2 ds,$$

[1] Séance du 22 juin 1925.

ou, en remplaçant ωr et V par $\frac{v}{\operatorname{tang}\beta}$ et $\frac{v}{\sin\beta}$,

(2) $$dW = \frac{a}{2g} c_z A v^3 ds,$$

avec

(3) $$A = \frac{\cos\beta \sin(\beta - \varphi)}{\sin^3\beta \cos\varphi}.$$

Je définirai le rendement ρ comme le rapport entre cette puissance dW et la puissance vive dW_0 de l'air venant frapper l'anneau circulaire considéré, de sorte que

(4) $$dW_0 = \frac{1}{2}\left(\frac{a}{g}\frac{ds}{\lambda} v\right) v^2 = \frac{a}{2g}\frac{ds}{\lambda} v^3,$$

(5) $$\rho = \frac{dW}{dW_0} = \lambda c_z A.$$

Pour des valeurs de c_z et λ données, la valeur de β la plus favorable devant rendre A maximum sera racine de l'équation dérivée $\frac{\partial A}{\partial \beta} = 0$:

(6) $$\operatorname{tang}^3\beta - 2\operatorname{tang}\varphi \operatorname{tang}^2\beta + 2\operatorname{tang}\beta - 3\operatorname{tang}\varphi = 0.$$

La racine β_1 qui convient est pratiquement égale à $1,5\varphi$ et le maximum A_1 de A peut, avec une erreur négligeable, se représenter par $0,15\sin^{-2}\varphi$. Si cette condition est remplie pour l'élément central de la partie utile des pales, sa vitesse linéaire de rotation sera $u_1 = v\cot\beta_1 = v\cot 1,5\varphi$, d'autant plus faible que φ est plus grand, et son rendement aura pour expression :

(7) $$\rho = 0,15\frac{\lambda c_z}{\sin^2\varphi} = 0,15\lambda\left(\frac{c_z^{\frac{3}{2}}}{c_x\cos\varphi}\right)^2,$$

(8) $$\rho = 0,15\frac{\lambda}{\zeta^2}.$$

Pour un moulin donné, la meilleure incidence de l'élément central sera celle du minimum ζ_1 de ζ, le rendement maximum ρ_M étant alors en raison inverse du carré de ce minimum. Avec de bons profils et des ailes d'allongement de 6 à 10, le rendement, s'annulant avec λ, croît d'abord très vite pour passer par un maximum de l'ordre de 0,45 pour $\lambda = 0,10$ à $0,15$, puis ζ_1^2, qui est, comme il a été dit, fonction lui-même de λ, croissant, d'après des essais récents qui ont confirmé mes expériences de 1906, plus vite que λ, le rendement décroît pour atteindre vers $\lambda = 0,4$ un minimum environ moitié du maximum. La croissance de ζ_1

avec λ paraissant ensuite s'atténuer, ρ_M croît encore de nouveau, mais sans atteindre la valeur du premier maximum.

Notons que la condition de meilleur rendement $\beta = 1,5\varphi$ étant remplie par l'élément central, l'est pratiquement pour les éléments voisins pour lesquels β et φ varient dans le même sens.

Pour les autres sections, on voit, en dérivant l'équation (1) par rapport à l'incidence, que le maximum de puissance dW s'obtiendra en faisant varier l'incidence suivant la loi $\frac{dc_x}{dc_z} = \text{tang}\,\beta = \frac{v}{u}$.

L'incidence croîtra vers le centre jusqu'à celle du maximum de c_z pour lequel $dc_z = 0$ et décroîtra vers la périphérie sensiblement en raison inverse de la distance au centre.

A égalité de λ, les pales étroites sont avantageuses en permettant de plus faibles valeurs de φ et de ζ. Notons enfin que, pour que le couple de démarrage soit intéressant, on est conduit à s'arrêter à des valeurs de λ supérieures à celles du maximum de rendement.

Les vieux moulins à vent de nos campagnes, qualifiés de type hollandais, paraissent être les plus rationnels et remplir la condition du rendement maximum; toutefois, la grossièreté de la construction de leurs ailes explique leur défaveur quand on les compare aux moulins dits américains, à pales cependant trop nombreuses, qui, par suite de leur bon profil et de leur construction soignée, donnent des résultats satisfaisants, bien que, pour eux, la condition du meilleur rendement ne soit pas satisfaite.

Je conclus que des moulins du type hollandais bien construits et à bons profils doivent l'emporter tant au point de vue de leur rendement aérodynamique qu'à celui du prix de revient de leur construction.

AÉRODYNAMIQUE. — *Une méthode approchée pour étudier le mouvement de certains anneaux tourbillonnaires*. Note [1] de M. G. **Bouligand**, présentée par M. Appell.

Une série de recherches sur le mouvement d'anneaux de tourbillon, faites par M. Ch. Sadron [2], m'a amené à une méthode

(1) Séance du 22 juin 1925.

(2) M. Ch. Sadron a repris d'une part l'étude des anneaux de fumée, au moyen de la caisse de Tait et Thomson; d'autre, part celle des anneaux de combustion de PH^3.

approchée, indépendante de la dynamique classique des fluides. Bornons-nous à l'étude du mouvement ascensionnel d'un anneau produit par la combustion brusque d'une bulle de PH^3, arrivant au contact de l'air. Nous admettons que cet anneau reste un tore, que chaque cercle méridien est en rotation rapide autour de son axe (à savoir la tangente au cercle moyen) et que toutes les sections méridiennes sont solidaires, c'est-à-dire ont à un même instant la même vitesse de rotation. Nous avons ainsi un système à 4 degrés de liberté, la cote z du centre de l'anneau, le rayon r du cercle moyen, le rayon tubulaire ρ et l'angle θ que fait un rayon marqué dans une section méridienne avec une horizontale de cette section. D'après ce qui précède, θ est la même fonction du temps pour toutes les sections. Une molécule M, située dans une certaine section de centre I, sera déterminée par $\mathrm{IM} = \mathrm{K}\rho$, où K est un paramètre pouvant varier de 0 à 1, et par l'angle α de IM et du rayon origine marqué dans cette section. Remarquant que ρ est faible vis-à-vis de r, nous admettrons que la densité est de la forme $\frac{f(\mathrm{K})}{\rho^2 r}$, la fonction $f(\mathrm{K})$ pouvant rester indéterminée si l'on ne veut pas préjuger de la répartition matérielle dans une section droite (pour le cas où elle subirait l'influence de la rotation). Posant alors

$$\mathrm{A} = 4\pi^2 \int_0^1 \mathrm{K} f(\mathrm{K})\, d\mathrm{K}, \qquad \mathrm{B} = 4\pi^2 \int_0^1 \mathrm{K}^3 f(\mathrm{K})\, d\mathrm{K} \qquad (\text{d'où } \mathrm{B} < \mathrm{A}),$$

et notant avec M. Ch. Sadron que pendant la période de régularité du phénomène, ρ est très sensiblement constant, on a pour la force vive

$$2\mathrm{T} = \mathrm{A}(r'^2 + z'^2) + \mathrm{B}\rho^2\left(\theta'^2 + \frac{\theta' z'}{r}\right).$$

Les forces appliquées à l'anneau sont le poids, corrigé de la poussée d'Archimède, et la résistance de l'air, répartie également sur tous les éléments de l'anneau, obtenus en le subdivisant par un faisceau régulier de plans méridiens. Chaque composante élémentaire provient elle-même d'une sous-composante longitudinale (résistance à la translation), opposée à la vitesse du centre de l'élément, et d'une sous-composante transversale (effet Magnus). En désignant par r_0 la valeur du rayon pour laquelle le poids est équilibré par la poussée, l'expression globale du travail virtuel sera

$$-mg\left(1 - \frac{r}{r_0}\right)\partial z - \rho r(r'\,\partial r + z'\,\partial z)\varphi - \rho r(z'\,\partial r - r'\,\partial z)\,\theta'\psi,$$

φ et ψ désignant des fonctions positives de $\sqrt{r'^2 + z'^2}$ qu'on peut réduire en

première approximation à des constantes. (Le calcul du travail virtuel dû à l'effet Magnus s'effectue en remarquant que θ' est négatif, ce qui détermine les signes à prendre.)

L'équation de Lagrange relative au paramètre θ donne de suite l'intégrale première

$$\theta' = -\omega - \frac{z'}{2r}, \tag{1}$$

ω désignant une constante positive grande vis-à-vis de $\frac{z'}{2r}$: nous négligerons $\frac{z'}{2r}$, ce qui revient à admettre que l'intensité du tourbillon se conserve. Cela posé, les équations de Lagrange relatives aux paramètres r et z deviennent

$$\left\{\begin{aligned} & r'' - \frac{2A}{B}\frac{\rho^2}{r^2}\omega z' = +\frac{\rho r r'}{A}\varphi - \frac{\rho r}{A}\omega r'\psi, \\ & z'' + \frac{B}{2A}\frac{\rho}{r^2}\omega r' = -\frac{\rho r z'}{A}\varphi - \frac{\rho r}{A}\omega r'\psi - \frac{mg}{A}\left(1 - \frac{r}{r_0}\right). \end{aligned}\right. \tag{2}$$

Connaissant ρ, ω, A, B, φ, ψ et les conditions initiales, on pourra construire la trajectoire du centre I d'une section de l'anneau dans son plan méridien par des méthodes analogues à celles qui sont usitées en balistique extérieure.

Indépendamment de cela, on peut tirer des équations (2) des conclusions immédiates, intéressant le début du mouvement. On a les deux combinaisons

$$\left\{\begin{aligned} & \frac{d}{dt}\left(\text{arc tang}\frac{r'}{z'}\right) = \frac{B}{2A}\frac{\rho^2}{r^2}\omega + \frac{\rho r}{A}\omega\psi + \frac{mg}{A}\left(1 - \frac{r}{r_0}\right)z', \\ & \frac{1}{2}\frac{d}{dt}(r'^2 + z'^2) = -\frac{mg}{A}\left(1 - \frac{r}{r_0}\right)z' - \frac{\rho r}{A}(r'^2 + z'^2)\varphi. \end{aligned}\right. \tag{2'}$$

La première de ces relations montre que le sens de concavité de la trajectoire est celui des r positifs. La seconde établit que le mouvement est retardé dès le début. Ce point est important, car il infirme les conclusions de M. Ball, citées à titre documentaire par M. Marcel Brillouin dans son célèbre Mémoire des *Annales de Toulouse*, 1, 1887, p. 25 (Mémoire final). Il concorde par contre avec les résultats de M. Ch. Sadron.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Les solutions superficielles et la loi de Gay-Lussac* (¹). Note de M. A. **Marcelin**, présentée par M. Jean Perrin.

On admet, dans le cas d'un gaz, que l'énergie moyenne de l'agitation d'une molécule est indépendante de la nature de cette dernière, et qu'elle est uniquement fonction de la température.

On a été conduit d'autre part à faire cette hypothèse que la pression osmotique d'un corps dissous est, comme la pression d'un gaz, d'origine cinétique, et que la force vive du mouvement des molécules dissoutes est la même que celle des molécules d'un gaz, à la même température que la solution.

Les lois générales des gaz et des solutions s'expriment par la relation $pv = RT$, où R désigne une constante universelle égale à $8{,}32.10^7$ C. G. S.

A moins de retirer à l'hypothèse relative à la nature de la pression osmotique son caractère essentiel de généralité, il faut prévoir que les « solutions superficielles » qui déjà obéissent à la loi de Mariotte, ainsi que je l'ai reconnu, obéissent également à la loi de Gay-Lussac, et qu'on aura : $pS = KT$, avec $K = R$ constante universelle des gaz et des solutions.

Vérification de la loi de Gay-Lussac. — M. Delaplace a vérifié à 2 pour 100 près, pour une solution superficielle de benzoate de benzyle, que le produit pS lorsque la température s'élève de 15° à 27° varie proportionnellement à la température absolue (²).

Calcul de la constante K. — Avant que la loi de Gay-Lussac ne fût vérifiée, mais admettant qu'elle le serait, j'avais calculé la constante K, pour la solution superficielle d'acide oléique, en partant des données d'une mesure de pression et de surface, relative à un nombre connu de molécules (emploi d'une solution titrée d'acide oléique dans la benzine) effectuée à la température de 18° C.

J'avais trouvé $K = 0{,}46.10^7$, *soit une valeur près de* 20 *fois plus petite que la constante universelle* R *des gaz et des solutions.*

(¹) Voir mes Notes précédentes : *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 38 et 79; **175**, 1922, p. 346; **176**, 1923, p. 502; **177**, 1923, p. 41; **178**, 1924, p. 1079; **179**, 1924, p. 33.

(²) La solution superficielle d'acide oléique ne se prête pas à la vérification directe de la loi de Gay-Lussac en raison de l'altérabilité du produit qui se saponifie puis se dissout dès que la température s'élève.

Ce résultat surprenant s'est trouvé confirmé pour une solution superficielle de benzoate de benzyle; mais, pour ce corps qui se comporte comme l'acide oléique et obéit aux lois de Mariotte et de Gay-Lussac, la constante K est égale à $0,126.10^7$: *elle est donc* 60 *fois plus faible que la constante des gaz* R.

Discussion des résultats. — Il paraît certain que nous sommes ici en présence du caractère qui accuse l'état physique de la solution superficielle, *fluide à deux dimensions lié à la surface d'un liquide.*

Si cependant on voulait expliquer la faiblesse de la valeur de K, par des considérations qui ne fassent pas intervenir la liaison très particulière des molécules avec le solvant, on pourrait supposer que les molécules flottantes sont polymérisées, que l'indice de polymérisation est de 20 pour les molécules d'acide oléique et de 60 pour les molécules de benzoate de benzyle. On admettra difficilement l'existence d'aussi grosses molécules.

Il pourrait s'agir d'ultra-colloïdes à deux dimensions, mais alors la grosseur des grains flottants devrait dépendre, comme dans le cas d'un colloïde à trois dimensions, de l'histoire de sa formation. M. Delaplace a reconnu qu'il n'en est pas ainsi, que la valeur de K est indépendante de la nature du dissolvant ayant servi de véhicule intermédiaire, du titre de la dissolution dans ce dissolvant volatil et de la température de formation.

On pourrait enfin penser, tout en remarquant combien il est difficile de préciser cette notion, que l'agitation brownienne, dans un régime statistique, soustrait à la surface une partie importante des molécules, celles qui sont en plongée ne pouvant concourir à la production de la pression superficielle telle qu'elle est définie par mes expériences.

Dans l'incertitude où nous sommes, bornons-nous à retenir le fait : *la constante* K *qui intervient dans la formule* $pS = KT$ *pour exprimer que les solutions superficielles obéissent aux lois de Mariotte et de Gay-Lussac, diffère, dans une forte proportion, variable avec le corps étudié, et certainement caractéristique de ce dernier (et probablement du support), de la constante universelle* R *des gaz et des solutions;* tout en remarquant que : *les molécules des solutions superficielles sont à demi dissoutes et certainement polarisées sur la surface de l'eau.*

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Extension de la loi de Gay-Lussac aux solutions superficielles*. Note de M. **René Delaplace**, présentée par M. Jean Perrin.

D'après une étude de la compression isotherme (à 18°) d'une solution superficielle d'acide oléique à la surface de l'eau, M. A. Marcelin a trouvé que : si la loi de Gay-Lussac s'appliquait à ces couches monomoléculaires, la constante K de la relation

$$pS_{M} = K.T$$

devait être 20 fois plus faible que la constante R des gaz.

Je m'étais d'abord proposé de vérifier la loi de Gay-Lussac sur les solutions superficielles d'acide oléique mais j'ai rencontré de grandes difficultés dues à ce fait, qu'au-dessus de 25°, l'acide oléique devient très altérable (saponification et oxydation) et disparaît dans la solution. J'ai cherché alors dans les séries de la chimie organique un corps répondant aux propriétés suivantes : extension spontanée sur l'eau, point d'ébullition supérieur à 300°, insolubilité dans l'eau, inaltérabilité aux traces alcalines ou acides de l'eau et de l'air, composition chimique définie. Le benzoate de benzyle bouillant à 323° répond à l'ensemble de ces conditions. Le dosage en poids du benzoate de benzyle déposé sur l'eau était effectué au moyen de solutions titrées dans l'alcool éthylique absolu, dans l'éther anhydre, dans le chloroforme ou dans la benzine. Ces solutions contenaient 1^{mg} de benzoate de benzyle par centimètre cube [1].

Appareillage et technique. — J'ai utilisé l'appareil à fil de torsion imaginé par M. A. Marcelin. Il est essentiellement composé d'un cadre de mica paraffiné (à chaud avec de la paraffine dure fondant à 73°), flottant sur l'eau; l'intérieur du cadre limite une nappe d'eau parfaitement propre, divisée en deux régions par une bandelette de mica paraffiné, mobile et suspendue à un fil de torsion.

J'ai augmenté la sensibilité et la fidélité de l'appareil en entaillant les bords internes du cadre : ce dispositif évite les fuites en transformant la bandelette mobile en soupape jointive et réduit l'action perturbatrice des forces capillaires. La pression superficielle (différence entre la tension superficielle de l'eau pure et celle de l'eau + benzoate

---

(1) Les solvants et le benzoate de benzyle utilisés dans ces recherches doivent être exempts de matières grasses. J'ai distillé, conservé, mesuré ces produits dans des appareils nettoyés au mélange sulfo-iodique qui est un oxydant très énergique à 150° (anhydride iodique, 5^g; SO^4H^2 à 66° B., 100^g); l'anhydride iodique se dissout dans SO^4H^2 bouillant : des cristaux jaunes d'or apparaissent par refroidissement.

de benzyle) est équilibrée par une torsion connue et calculée par la formule

$$p = \frac{C\alpha}{2L^2},$$

où α désigne l'angle de torsion et L la demi-longueur de la bandelette mobile.

J'ai mesuré le produit $p \times S_M = KT$ à 15° et à 27°. Les mesures à 15° sont aisées; à 27° l'équilibre de température du système eau-solution superficielle de benzoate de benzyle-air ne peut être obtenu qu'en portant l'appareil et le laboratoire à cette température. Je n'ai pu dépasser 27° : au-dessus de 30°, la paraffine dure abandonne sur l'eau divers produits qui s'étendent en un voile uniforme.

L'expérience a donné à 2 pour 100 près les résultats suivants pour le système benzoate de benzyle + chloroforme :

Pour $T = 288°$ absolus........	$p \times S_M = 36,3.10^7$	$K = 0,126.10^7$
Pour $T' = 300°$ absolus........	$p' \times S'_M = 37,2.10^7$	$K = 0,124.10^7$

Dans l'intervalle de température considéré, K n'a pas varié : c'est une constante. Elle est environ 60 fois plus faible que la constante R des gaz.

Influence du solvant. — Cette constante est variable d'un corps à un autre : elle pourrait s'interpréter par une polymérisation d'ordre 60, mais cela n'est guère possible; l'hypothèse d'un colloïde superficiel peut être envisagée : la valeur de K dépendrait alors de l'histoire de la formation du colloïde : il n'en est rien, le tableau suivant montre que la nature du solvant et la concentration n'interviennent pas.

Solvant.	Valeur de K à 15°.	Concentration de benzoate de benzyle par goutte.
Alcool..................	$0,129.10^{-7}$	$5,5.10^{-6}$
Benzine.................	0,125	6
Éther....................	0,126	5
Chloroforme.............	0,126	4,1

Ces résultats excluent aussi la possibilité d'un entraînement du benzoate de benzyle dans l'eau par les dissolvants dont les solubilités respectives sont très différentes.

Incidemment j'ai vérifié directement sur la solution superficielle de benzoate de benzyle la loi analogue à celle de Mariotte, c'est-à-dire

$$p \times S = \text{const.};$$

ces mesures ont pu être faites jusqu'au point de saturation sans le secours de la méthode chronophotographique.

Pour les divers solvants, alcool éthylique, benzine, éther, chloroforme,

la pression de saturation a varié de 0,220 dyne-cm à 0,225 dyne-cm, c'est-à-dire s'est montrée indépendante du solvant.

Au cours de ce travail j'ai été amené à rechercher comment disparaît de la surface de l'eau, un liquide pur, soluble ou volatil, tel que l'alcool, la benzine, l'éther ou le chloroforme. L'expérience montre qu'une pression superficielle se réalise d'abord, et ne s'annule qu'après 5 minutes pour l'alcool et le chloroforme et qu'après 9 minutes pour la benzine; l'éther ne se dissout pas complètement et laisse un résidu qui exerce une pression superficielle constante de 0,022 dyne-cm. Lorsqu'une quantité connue de benzoate de benzyle est dissoute dans l'un des solvants précédents, la pression superficielle ne s'annule pas : le résidu constant mesure la pression superficielle du benzoate de benzyle étendu sur l'eau.

ÉLECTRICITÉ. — *Force électromotrice de filtration.* Note de M. L. **Riéty**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente (¹), j'ai indiqué un procédé de mesure des forces électromotrices de filtration des solutions d'électrolytes. J'ai appliqué depuis ce procédé à l'étude de nombreuses solutions de sels.

Le tableau suivant donne en volts les forces électromotrices obtenues avec des solutions de sels de fer renfermant 10^g de sel par litre de solution et s'écoulant dans un tube de verre sous une pression de 25^{atm}.

	vol		vol
Chlorure ferreux	−0,017	Sulfate ferrique	+0,009
Chlorure ferrique	−0,021	Glycérophosphate de fer	+0,152
Bromure ferrique	−0,031	Lactate de fer	+0,21
Iodure ferrique	−0,051	Citrate ferrique ammoniacal	+0,086
Azotate ferrique	−0,070	Tartrate de fer et de potassium	+0,13
Sulfate ferreux	+0,044		

J'ai affecté du signe + la force électromotrice de filtration des solutions pour lesquelles le potentiel à la sortie du tube est plus élevé qu'à l'entrée (c'est-à-dire pour lesquels il y a transport d'électricité positive dans le sens du courant liquide) et du signe — celle des solutions qui donnent une différence de potentiel inverse.

D'après ce tableau on voit que, sauf pour le lactate de fer, les sels dont les solutions transportent de l'électricité négative lors de l'écoulement dans

(¹) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2246.

un tube de verre sont des sels d'acides monoacides; au contraire les solutions des sels d'acides di ou triacides transportent de l'électricité positive.

Ceci est encore vrai avec les sels de fer suivants : cacodylate, oxalate, tartrate de fer ammoniacal, et aussi avec les sels de cuivre : sulfate, chlorure, bromure, azotate, acétate.

Ces résultats expérimentaux s'expliquent bien par l'application des règles établies par M. Perrin (¹) pour trouver le signe de la charge électrique d'une paroi solide non métallique au contact d'une solution d'électrolyte. Il faut pour cela tenir compte de la solubilité du verre dans l'eau et aussi de l'hydrolyse des sels employés.

Ainsi s'explique, en particulier, le changement de signe de la force électromotrice de filtration observé pour les solutions de concentration convenable des sels de fer et de cuivre d'acides monovalents. La couche de liquide au contact du verre étant basique par suite de l'hydrolyse des silicates alcalins, la paroi de verre s'électrise négativement. Si l'on dissout dans l'eau un sel de cuivre ou de fer hydrolysable, la concentration de la solution en ions H^+ augmentera, la charge négative de la paroi diminuera; de plus les ions polyvalents Cu^{++} ou Fe^{++}, Fe^{+++} présents dans la solution vont diminuer encore l'électrisation négative du verre. En effet, comme l'a montré M. Perrin, en ajoutant, à un liquide donnant à une paroi une électrisation d'un certain signe, un ion polyvalent du signal opposé, l'électrisation de la paroi est beaucoup diminuée, parfois même elle change de signe.

Pour confirmer ce qui précède, j'ai fait des expériences sur deux sels d'acides monovalents qui résistent à l'hydrolyse, le chlorure et le cyanure mercuriques. J'ai pris des solutions de ces sels de plus en plus concentrées jusqu'à obtenir la saturation, et j'ai toujours observé que le liquide transportait de l'électricité positive.

Il faut noter que la force électromotrice de filtration obtenue avec les solutions de ces sels mercuriques est plus grande que celle que donnent les autres sels déjà étudiés. Ainsi une solution de chlorure mercurique contenant 50^g par litre a donné, sous une pression de 25^{atm}, une force électromotrice de $2^v,44$. Une solution de cyanure mercurique de même concentration a donné une force électromotrice de $4^v,5$ pour une pression de 4^{atm} seulement.

(¹) *Journal de Chimie physique*, 2, 1904, p. 601.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Sur la propagation des ondes courtes.* Note de MM. E. **Delcambre** et R. **Bureau**, présentée par M. R. Bourgeois.

Cette Note résume les particularités constatées pour des distances comprises entre 1500 et 10 000^{km} dans la propagation des ondes courtes émises par un poste de 500 watts installé à bord du *Jacques-Cartier* [1]. Les météogrammes transmis par ce poste furent écoutés en France au cours de trois campagnes météorologiques effectuées entre le 30 octobre 1924 et le 11 juin 1925 sur l'Atlantique et sur le Pacifique oriental.

1. *Variation diurne.* — *a.* L'heure [2] d'apparition s'est échelonnée suivant les saisons, la distance, la longueur d'onde entre 15^h et la fin de la nuit (limites extrêmes constatées) Cette apparition semble brutale; *b.* La disparition, par contre, a toujours été observée dans les deux heures qui suivent le lever du Soleil. Elle a toujours été progressive.

Exemple. — *a.* Heures d'apparition par rapport au coucher du Soleil pour la distance de 3000^{km} : onde 115^m, novembre, 2 heures après; onde 48^m, fin février 30 minutes après; onde 31^m, mai et juin, 3 heures avant (influence manifeste de la longueur d'onde). — *b.* En novembre et en janvier, l'émission ayant lieu dans la mer des Antilles ou le long de l'Amérique centrale (dans le Pacifique), la réception la plus intense était observée aussitôt après le lever du Soleil en France (jour à la fin du parcours de l'onde). Deux heures plus tôt, rien n'était entendu (nuit sur tout le parcours de l'onde). D'autres fois le trajet des ondes a été effectué pour les $\frac{4}{5}$ de jour (31^m à 20^{h}15^m en mai à 6000^{km}).

2. *Variations avec la distance.* — On a observé deux genres de variations :

a. A une heure, et dans une saison déterminée, la puissance de la réception a augmenté avec la distance.

Exemple. — L'onde 115^m émise à 7^h a augmenté de puissance en novembre 1924 jusqu'au moment où le *Jacques-Cartier* s'est trouvé dans le golfe de Téhuautépec. L'onde 31^m émise à 20^{h}15^m en avril et en mai a été de plus en plus puissante au fur et à mesure que le *Jacques-Cartier* se rapprochait du golfe du Mexique.

b. Les ondes se sont affaiblies avec la distance, puis, au delà d'une certaine portée, ont cessé d'être entendues. Ceci s'est observé surtout aux heures voisines de l'heure d'apparition de l'onde. Ces disparitions avec la

---

(1) Voir au sujet de l'œuvre météorologique du *Jacques-Cartier*, E. Delcambre, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1337.

(2) Toutes les heures de cette Note sont exprimées en temps moyen de Greenwich.

distance ont semblé se produire par bonds successifs (effet probable des variations accidentelles).

3. *Variations géographiques* — En décembre et en janvier, aucune des émissions faites dans le Pacifique au Nord du 20° de latitude n'a été reçue en Europe. Pendant la même période le *Jacques-Cartier* n'a entendu aucune des émissions sur ondes courtes de Paris. Le navire était alors moins éloigné de France que lorsqu'il se trouvait en novembre et en janvier dans le golfe de Panama d'où ses émissions parvenaient fortement à Paris.

4. *Variations accidentelles.* — *a.* Aux variations qui viennent d'être étudiées se superposent des variations accidentelles (1).

b. Il faut y rattacher les altérations de l'onde elle-même; on a noté parfois soit des variations d'intensité extrêmement rapides (ordre de la demi-seconde), soit des évanouissements passagers.

Ces phénomènes ont été moins fréquents quand la distance a augmenté et quand la longueur d'onde a diminué. En observant avec soin les heures où ils débutent et où ils cessent dans les différents postes récepteurs, *on peut mettre en évidence, certains jours, un caractère migrateur du phénomène qui se déplace alors à une vitesse de l'ordre de celle des perturbations météorologiques.* Ces variations dans l'aspect de l'onde reçue seraient ainsi en liaison avec l'état de l'atmosphère dans la région où se trouvent les postes récepteurs (2).

5. *Les formules de propagation.* — Pour adapter aux résultats expérimentaux ci-dessus les formules en usage pour les ondes longues il serait nécessaire : *a.* de rendre certains coefficients variables en fonction de l'heure et de la saison (influences périodiques); *b.* de faire intervenir un second terme fonction de la distance qui sépare le poste émetteur d'un point — ou d'une ligne de la surface terrestre — *conjugués* d'un ensemble de points dont fait partie le poste récepteur (foyers conjugués, lignes ou zones focales conjuguées). On tiendrait ainsi compte des influences géographiques

(1) Ces dernières se distinguent des précédentes, même quand leur amplitude est du même ordre de grandeur, par leur irrégularité et surtout par le fait qu'elles sont fréquemment très différentes pour deux postes récepteurs, même très voisins l'un de l'autre.

(2) Elles ont été en tout cas nettement distinctes du phénomène d'apparition et de disparition diurne des ondes. Les disparitions périodiques du matin n'étaient en général accompagnées d'aucune variation rapide de l'onde qui était encore stable au moment où elle devenait imperceptible.

et de l'influence de la distance notée plus haut. Il existe déjà un cas classique de foyers conjugués : les antipodes.

Une telle formule, qui ne saurait être qu'empirique, ne tiendrait pas encore compte des variations accidentelles; mais elle permettrait d'en définir l'amplitude par comparaison avec les nombres qu'elle fournirait.

D'autre part, plusieurs années d'observations seraient nécessaires pour vérifier dans quelle mesure elle resterait applicable d'une année à l'autre.

SPECTROSCOPIE. — *Variation de la longueur d'onde des raies d'absorption de l'iode avec la densité.* Note de MM. **A. Perot** et **M. Collinet**, présentée par M. H. Deslandres.

L'étude de l'influence de la pression sur la longueur d'onde des raies d'un spectre a donné lieu à de nombreux travaux. Il nous a paru intéressant de la reprendre dans un cas particulièrement simple, celui de l'absorption par la vapeur d'iode, parce qu'il est possible en enfermant une masse connue du métalloïde dans un espace clos, vide d'air, et amenant le corps à l'état de vapeur sèche, de chercher si la longueur d'onde dépend de la densité ou encore de la pression propre de la vapeur. Pour que les intensités des raies d'absorption soient les mêmes, nous avons comparé des raies données par deux tubes contenant la même quantité d'iode ayant les mêmes diamètres mais des longueurs différentes.

La mesure de la variation de la longueur d'onde a été faite par la méthode interférentielle sous une forme différente de celles utilisées jusqu'ici. Le dispositif expérimental est le suivant : la lumière d'un arc de vingt-cinq ampères traverse le tube d'absorption dont la longueur est soit 10^{cm}, soit 80^{cm}, ces deux tubes étant chauffés à 180° C. par une même étuve électrique, la lumière pénètre dans un spectroscope à réseau plan de Rowland et à miroir concave de $3^{m},50$ de distance focale. Un objectif convergent est ensuite placé de telle sorte que son plan focal soit en coïncidence avec le spectre, puis la lumière traverse un étalon interférentiel de 25^{mm} d'épaisseur et est reçue dans une lunette réglée pour l'infini.

Si la fente est éclairée par de la lumière monochromatique, il est facile de constater que, vu la faible ouverture latérale du faisceau correspondant à une radiation brillante, on verra dans la lunette non un système entier d'anneaux centrés, mais seulement leur section par un dièdre vertical dont l'ouverture est déterminée par les dimensions du réseau, la distance focale

du miroir et la largeur de la fente. En général cette section sera une corde du système des anneaux. D'autre part, le plan de la lunette étant conjugué du spectre, on aura, dans le cas de plusieurs radiations brillantes, une sorte de spectre interférentiel.

Si la lumière tombant sur la fente est blanche, on aura un spectre avec des cannelures circulaires et l'on pourra en ouvrant la fente en faire disparaître les lignes noires par juxtaposition des parties brillantes. Si le spectre est un spectre d'absorption, chaque raie sombre donnera un système de points sombres et, pour peu que ces raies soient nombreuses, l'ensemble de ces points dessinera une famille de courbes dont la forme dépendra des longueurs d'ondes des raies successives; chacune des courbes est fermée et il est possible de mesurer sa plus grande corde verticale aux extrémités de laquelle la tangente est horizontale. Cette corde correspond à une radiation déterminée, et, si la longueur d'onde de celle-ci varie très peu de façon qu'elle ne se déplace que d'une fraction de sa largeur, la fente étant très ouverte, on est en droit de considérer la variation de longueur de cette corde comme due uniquement à celle de la longueur d'onde.

L'avantage de ce dispositif est d'éviter l'échauffement de l'étalon par les rayons de l'arc. Nous avons opéré de la manière suivante : l'un des tubes, contenant l'iode, étant placé devant la fente et produisant l'absorption, on choisit une bande déterminée et l'on règle la position de l'étalon, afin d'obtenir un système d'anneaux sombres dont on puisse mesurer les plus grandes cordes. On substitue le second tube d'iode au premier et l'on refait les pointés; l'opération est répétée plusieurs fois en alternant les tubes. Toutes les expériences faites ont montré que les anneaux s'élargissaient quand on passait du tube à forte densité au tube à faible densité. Si l'on pose

$$\frac{\delta\lambda}{\lambda} = a\,\delta\rho,$$

où ρ est la densité en valeur absolue C.G.S., on constate que a est indépendant de λ et de ρ au moins dans les limites où nous avons opéré, c'est-à-dire de $\rho = 0,16.10^{-4}$ à $\rho = 1,96.10^{-4}$ C.G.S. Pour ces valeurs, l'ordre de grandeur de $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ était de deux millionièmes (2.10^{-6}).

Nous n'avons pu utiliser des valeurs plus grandes de ρ, car, d'une part, il aurait fallu chauffer les tubes à des températures où l'iode commence à se dissocier; d'autre part, l'absorption croissant avec la densité, la lumière

transmise par l'étalon aurait été insuffisante. Les mesures ont donné

$$a = +12.10^{-3},$$

à 10 pour 100 près. Les arêtes des bandes utilisées avaient pour longueurs d'ondes

6034 5993 5956,6 5573 5508 5498

En résumé, pour les raies étudiées la longueur d'onde croît avec la densité de la vapeur sèche.

Dans une autre série d'expériences, l'iode était vaporisé dans des tubes en communication avec l'atmosphère; la pression totale était alors la pression atmosphérique, la densité de la vapeur restant variable. Bien que certaines des mesures aient été entachées d'erreur par suite de pertes d'iode, le résultat moyen obtenu est du même ordre de grandeur que celui donné par les tubes vides d'air. Il semble en résulter que, dans ces expériences, seule la densité de vapeur intervient et non la pression totale.

PHYSIQUE. — *Détermination du nombre d'Avogadro au moyen de la lumière diffusée par le chlorure d'éthyle.* Note de M. **Pierre Daure**, présentée par M. A. Cotton.

L'étude photométrique de la fluorescence de la vapeur de brome aux basses pressions m'a conduit à utiliser, comme étalon d'éclat, la lumière diffusée par le chlorure d'éthyle gazeux à la pression atmosphérique. L'emploi de cet étalon exige la connaissance du rapport R entre l'intensité lumineuse I diffusée normalement au faisceau primaire pour 1^{cm^3} du gaz, et son éclairement E.

La valeur R peut être déduite des formules théoriques de Rayleigh (gaz parfaits) ou d'Einstein (fluides quelconques) qui contiennent l'une et l'autre le nombre d'Avogadro N. Une vérification de ces formules revient donc à une détermination de N. Des travaux de ce genre ont été jusqu'ici peu nombreux, aussi m'a-t-il paru intéressant de profiter de l'intensité relativement élevée de la lumière diffusée par le chlorure d'éthyle, pour faire, par mesure visuelle, une nouvelle détermination de N. Il suffit pour cela de mesurer directement le rapport $R = \frac{I}{E}$.

Mesure du rapport R. — Le chlorure d'éthyle est enfermé dans un tube en croix en verre soudé.

Sur le faisceau primaire, formé de rayons solaires convergents filtrés par un écran vert (Wratten n° 62), on peut disposer successivement : 1° le tube à gaz qui devient, dans sa partie éclairée, une source de lumière diffusée d'éclat ε; 2° un prisme à réflexion totale qui substitue au faisceau diffusé le faisceau primaire lui-même d'éclat e.

Pour comparer ces deux éclats, j'ai montré un photomètre à vision directe sans écran diffusant : un œilleton reçoit simultanément, grâce à un prisme de Lummer, la lumière de la source à étudier et celle d'une source auxiliaire graduée par trois nicols. Par interposition de gélatines neutres d'opacité connue et rotation du nicol central, on détermine le rapport $\frac{\varepsilon}{e}$. Connaissant l'angle solide du faisceau primaire, son épaisseur au point où la diffusion est étudiée (foyer du condenseur) on obtient

$$R = (1,06 \pm 0,1)\,10^{-7}.$$

Ce résultat est la moyenne d'une série de mesures comprises dans l'intervalle d'erreur indiqué; la grandeur de cet intervalle vient de ce que le rapport des éclats est de 10^{-9}. Il faut donc interposer trois lames de gélatine neutre; la densité de chacune mesurée avec la même lumière verte a été trouvée de $1,806 \pm 0,01$ (moyenne de dix mesures).

On a donc quatre mesures photométriques successives de même précision, ce qui donne pour $\operatorname{Log} R$ l'intervalle d'erreur de $\pm 0,04$ et pour R l'intervalle $\pm 0,1$.

Calcul de N. — Le tube en croix a été rempli à 19° et 75^{cm} de mercure; le chlorure d'éthyle se trouve ainsi trop loin de l'état parfait pour que la formule de Rayleigh soit applicable. La formule plus générale d'Einstein étendue aux molécules anisotropes a pour expression :

$$R = \frac{\pi^2}{18} R_1 \theta \beta (\mu^2 - 1)^2 \mu^2 + 2)^2 6 \frac{1+\rho}{6-7\rho} \frac{1}{\lambda^4} \frac{1}{N}, \tag{1}$$

ses termes successifs contiennent : la constante des gaz, la température absolue, le coefficient de compressibilité, l'indice, le facteur de dépolarisation, la longueur d'onde de la lumière utilisée, grandeurs connues ou calculables, enfin N.

J'ai déduit le coefficient de compressibilité des données critiques

$$P_c = 54, \qquad \Theta_c = 455$$

au moyen de la formule de Van der Waals. Cette formule a été encore uti-

lisée dans le calcul de l'indice. La valeur du facteur de dépolarisation ρ, mesuré par M. Cabannes et encore inédit, est de 0,016.

Comme, malgré le filtre vert, l'intervalle de radiation utilisé est assez large ($0^{\mu},52$-$0^{\mu},57$), on doit raisonner ainsi : si l'on désigne par K l'ensemble des termes de (1), sauf $\frac{1}{\lambda^4}$, on a pour un intervalle $d\lambda$

$$dI = K\frac{dE}{\lambda^4}.$$

Désignons par $U(\lambda)$ la répartition de l'énergie dans le spectre solaire, $S(\lambda)$ la sensibilité de l'œil, $T(\lambda)$ la transparence du filtre mesurée au spectrophotomètre; on a

$$dE = U(\lambda)\,S(\lambda)\,T(\lambda)\,d\lambda, \qquad dI = K\,U(\lambda)\,S(\lambda)\,T(\lambda)\frac{d\lambda}{\lambda^4};$$

$$E = \int_{0,52}^{0,57} u\,ST\,d\lambda, \qquad I = K\int_{0,52}^{0,57} \frac{u\,ST}{\lambda^4}\,d\lambda;$$

$$R = K\,\frac{\displaystyle\int_{0,52}^{0,57}\frac{u\,ST}{\lambda^4}\,d\lambda}{\displaystyle\int_{0,52}^{0,57} u\,ST\,d\lambda}.$$

Ces deux intégrales ont été calculées graphiquement.

Si l'on remplace dans la formule (1) R par la valeur déduite des mesures, on obtient

$$N = (6,5 \pm 0,65)\,10^{23}.$$

L'étude de la lumière diffusée avait déjà donné :

Dans le cas de l'argon, à M. Cabannes .... $6,9.10^{23}$ (1)
Dans le cas de l'eau, à M. Raman .... $7,3.10^{23}$ (2)

Enfin, une interprétation convenable des recherches d'Abbot et Fowle (3) sur la transparence atmosphérique conduit à

$$6,4.10^{23}.$$

(1) *Annales de Physique*, 15, 1920, p. 5.
(2) *Philosophical Magazine*, 45, 1923, p. 625.
(3) *Astroph. Journal*, 38, 1913, p. 395.

PHYSIQUE. — *Diffusion de la lumière et constante de Kerr.*
Note de M. **R. de Mallemann**, présentée par M. A. Cotton.

La dépolarisation de la lumière diffusée latéralement par un corps (effet Tyndall), et sa biréfringence électrique (effet Kerr), sont, d'après la théorie de l'orientation moléculaire, une conséquence directe de l'*anisotropie* des molécules. Cette théorie doit donc établir une relation entre ces deux grandeurs. Une telle relation a déjà été indiquée par Gans, dans le cas de molécules *gazeuses*, possédant un axe *principal* de symétrie. Toutefois, dans le cas des *liquides*, Gans considère la théorie moléculaire comme caduque. Il a proposé récemment une théorie purement *thermodynamique* de l'effet Kerr, qui conduit à une expression du rapport de dépolarisation ρ_L du liquide, en fonction de la constante de Kerr (1). D'après Gans, ce résultat caractériserait la méthode thermodynamique et constituerait un argument décisif en sa faveur; il expliquerait les difficultés d'interprétation des faits expérimentaux observés par Raman et Ramanathan, ainsi que par Martin et Lehrman.

Nous nous proposons de montrer que l'opinion de Gans n'est pas fondée et que la théorie moléculaire (2) peut conduire au même résultat que la méthode thermodynamique.

J'utiliserai les notations que j'ai déjà employées ailleurs, dans l'étude théorique de l'effet Kerr (3). La constante de Kerr Γ est de la forme $p\Sigma(A-B)^2$, ou, pour abréger, $p\Sigma\delta^2$, δ désignant les trois *anisotropies* de la molécule; la réfraction spécifique s'écrira de même $q\Sigma A$. Le carré moyen $\overline{X^2}$ de la composante horizontale du champ diffusé est proportionnel à $\Sigma\delta^2$; le carré moyen $\overline{Z^2}$ de la composante verticale sera la somme de deux termes : 1° un terme $\overline{\Delta(N\overline{M_z})^2}$, dû aux fluctuations de densité (on évalue ainsi l'effet que produiraient des *molécules isotropes*, de moment $\overline{M_z}$, égal au moment moyen); 2° un terme $N(M_z-\overline{M_z})^2 = N(\overline{M_z^2}-\overline{M_z}^2)$, qui correspond aux *écarts* du moment M_z à sa valeur moyenne $\overline{M_z}$ (on ajoute ainsi la contribution propre de l'anisotropie moléculaire) (4).

(1) R. Gans, *Zeitsch. f. Ph.*, 17, 1923, p. 353.

(2) K.-R. Ramanathan a développé lui-même une théorie moléculaire. Je n'ai pu me procurer que son Mémoire (*Proccedings of the Indian Association*, 8, 1923, p. 1), et non un travail postérieur signalé par M. Rocard (*Journal de Physique*, 6e série, 5, p. 280. 1924).

(3) *Annales de Physique*, 9e série, 22, 1924, p. 187.

(4) Dans le premier Mémoire de Ramanathan, la composante $\overline{X^2}$ est calculée correctement, je suis donc ici sa méthode. Pour la composante $\overline{Z^2}$, au contraire, il avait pris le carré moyen au lieu du carré de la moyenne.

Le carré moyen de Z est donc proportionnel à l'expression ([1])

$$Z_0^2 \left\{ \frac{\Sigma^2 A}{q} \overline{\Delta N^2} + \left(g - \frac{\Sigma^2 A}{q} \right) N \right\}$$

N = nombre de molécules par centimètre cube

$$g = \frac{1}{15}(3\Sigma A^2 + 2\Sigma BC).$$

Remplaçons dans $\overline{X^2}$ et $\overline{Z^2}$, g, $\Sigma^2 A$, $\overline{\Delta N^2}$ par leurs valeurs en fonction de p, q, Γ; nous obtenons pour le rapport de dépolarisation du fluide, $\rho_L = \frac{\overline{X^2}}{\overline{Z^2}}$, l'expression suivante :

(1) $$\rho_L = \frac{3\pi\lambda n\Gamma}{4\pi\lambda n\Gamma + \beta \frac{(n^2-1)^2(n^2+2)^2}{24}}$$

β = coefficient de compressibilité.

Cette relation est rigoureusement équivalente à la formule de Gans; de plus, elle est générale, et il n'y a pas lieu de distinguer, comme le fait Gans, une théorie pour l'état gazeux et une théorie différente pour l'état liquide.

Dans le cas des gaz, obéissant à la loi de Mariotte, on peut remplacer β par $\frac{M}{dRT}$ et $\frac{n^2+2}{3}$ par l'unité, ce qui donne ([2]) :

(2) $$\rho_V = \frac{3\pi\lambda n \frac{d}{M} RT\Gamma}{4\pi\lambda n \frac{d}{M} RT\Gamma + \frac{3}{2}(n-1)^2}.$$

La limite supérieure de dépolarisation est, dans tous les cas, 0,75 ([3]); on

---

([1]) Je calcule ici les composantes du champ *diffusé*, sans tenir compte du champ *intérieur* de Lorentz-Cabannes; je retrouve ainsi la formule de Gans. Par contre, l'expression obtenue pour l'*énergie* diffusée est nettement différente. Ramanathan avait tenu compte *partiellement* de ce champ; cette méthode conduirait ici à un rapport trop petit pour les liquides cités. Le terme dépendant de la compressibilité contiendrait le facteur $\left(\frac{n^2+2}{3}\right)^4$, au lieu de $\left(\frac{n^2+2}{3}\right)^2$. On peut compléter la théorie en évaluant le champ intérieur *total* par l'élégante méthode de Cabannes; les expressions obtenues sont plus compliquées.

([2]) On obtiendrait d'ailleurs directement cette valeur de ρ_V, en explicitant la constante de Kerr dans les formules données par Cabannes et par J.-J. Thomson.

([3]) Les nombres désignés ici par ρ correspondent aux notations de Cabannes; certains auteurs préfèrent considérer le rapport $r = \frac{2\rho}{1+\rho}$ qui convient à la lumière

doit donc se rapprocher de ce nombre pour des liquides de grande constante de Kerr. Cette conséquence de la théorie est conforme à l'expérience, la plus grande valeur de ρ_L, observée jusqu'ici, étant 0,64 (naphtalène chloré α) ([1]).

Au contraire, dans le cas des gaz et des vapeurs, le terme en n^2-1 devient prépondérant, et le rapport ρ_V est notablement plus petit, ce que l'expérience vérifie.

Les formules (1) et (2) ne sont valables que pour les liquides, vapeurs ou gaz, qui obéissent à la loi de Maxwell, $K=n^2$; c'est à peu près le cas du sulfure de carbone, du benzène, du toluène et du *m*-xylène. Or *la relation* (1) *est remarquablement vérifiée pour ces quatre liquides* ([2]).

Il serait facile d'écrire les formules les plus générales. Par exemple, dans le cas de molécules *polaires* (moments permanents), il y aurait lieu d'utiliser l'expression de la constante de Kerr que nous avons obtenue pour une molécule de forme *quelconque*. La mesure des dépolarisations ρ_L et ρ_V serait ainsi susceptible de donner des indications utiles sur la valeur du moment μ et des anisotropies δ.

---

naturelle. La limite supérieure de ce dernier rapport serait donc $\frac{6}{7}$. Ces limites s'abaissent néanmoins pour un gaz parfait. Dans ce cas, la théorie montre qu'on doit avoir nécessairement $\rho < \frac{1}{3}$. On peut ainsi trouver une limite supérieure de la *constante de Kerr* de ces gaz. D'après (2), Γ ne pourra jamais atteindre la valeur

$$\frac{3M(n-L)^2}{10\pi\lambda\, ndRT} = 26\,\frac{(n-1)^2}{n\lambda T}\,10^{-6},$$

ce qui est conforme aux résultats expérimentaux (Leiser, Szivessy).

La limite supérieure de ρ, 0,75, *est d'ailleurs indépendante de la structure moléculaire*. Elle serait donc la même sur des corps ne suivant pas la loi de Maxwell. Toutefois, dans le cas de molécules *polaires* à constante de Kerr *positive*, la valeur de ρ_L pourra être très inférieure à celle que donnerait la formule (1); ce serait le contraire pour les corps à constante de Kerr *négative*.

([1]) Rocard a trouvé pour le nitrobenzène, $\gamma = 0,68$, d'où $\rho = 0,52$. D'après ce qui précède, il n'y a pas lieu d'être surpris de cette valeur relativement faible, d'autant plus que la théorie moléculaire conduit à multiplier le terme en β, par le rapport $\left(\frac{K_1-K_2}{n_1^2-n_2^2}\right)_m$, très différent du facteur de Gans, ce rapport peut être considérable

([2]) Gans, *loc. cit.*

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la fluorescence de la fisetine à la lumière de Wood. Applications.* Note (¹) de MM. **L. Meunier** et **André Bonnet**, présentée par M. L. Lumière.

Si l'on examine à la lumière de Wood des échantillons de tous les végétaux tannants en usage (écorce de bois de chêne, écorce de mimosa, écorce de palétuvier, bois de châtaignier, sumac, galles, fruits et gousses diverses, etc.), on constate qu'elles ne possèdent aucune fluorescence. Par contre, les bois de Quebracho Colorado de l'Amérique du Sud et son substitut, le Tizerah du Maroc, présentent, sur une coupe fraîche, une magnifique fluorescence jaune, d'une remarquable intensité.

Sur les coupes anciennes, où la surface est oxydée, la fluorescence disparaît complètement.

Si au lieu d'observer les bois de Quebracho et de Tizerah, on examine leurs extraits aqueux, on constate que *ces solutions ne présentent qu'une fluorescence extrêmement faible;* par contre, si l'on trempe dans ces solutions un support convenable, à grande surface, et qu'on le présente ensuite à la lumière de Wood, on voit apparaître immédiatement la belle fluorescence caractéristique. La teinte de cette fluorescence varie un peu avec la nature du support, comme l'indique le tableau suivant :

Nature du support.	Fluorescence avant l'imprégnation.	Fluorescence après l'imprégnation.
Papier filtre légèrement encollé....	Violacée très faible	Jaune vif très intense
Laine.....	Bleue faible	Jaune clair très intense
Coton.....	Nulle	Jaune vif très intense
Soie de Viscose.....	Nulle	Jaune très clair très intense
Soie de nitrocellulose non dénitrée..	Nulle	Nulle
Soie de nitrocellulose dénitrée.....	Nulle	Jaune clair très intense
Soie d'acétocellulose.....	Violacée très faible	Jaune vif très int. et très pur
Soie naturelle décreusée..........	Violacée très faible	Jaune vif très int. et très pur

La matière de support qui se prête le mieux à la manifestation de la fluorescence est la soie d'acétocellulose, ou encore l'acétocellulose brute. L'immersion de ces substances pendant quelques secondes dans une solution étendue d'extrait de Quebracho, sulfité ou non, leur communique immédiatement une fluorescence jaune éclatante, qui est certainement la

(¹) Séance du 22 juin 1925.

plus belle qu'il soit possible d'obtenir sur fibre. La sensibilité de la réaction est telle qu'elle donne des résultats très nettement positifs avec 10^{mg} d'extrait de Quebracho sulfité à 30° Bé, dissous dans 100^{cm^3} d'eau, soit une solution à $\frac{1}{10000}$.

Si l'on soumet un extrait de Quebracho à l'analyse tannique par la poudre de peau, on constate que celle-ci acquiert une fluorescence jaune, mais beaucoup moins vive que celle de la toile de coton ou du papier servant à la filtration après détannisation. Si l'on abandonne la poudre de peau tannée au contact de l'air, elle s'oxyde et perd sa fluorescence. La solution des non-tanins présente également une réaction positive à la lumière de Wood.

Les laques métalliques obtenues par réaction des solutions aqueuses d'extrait de Quebracho ou de Tizerah sur les sels correspondants, en présence de sel marin et d'acétate de soude, ne présentent pas la moindre fluorescence.

Lorsqu'on passe dans ces solutions des bandes de Mulhouse, on constate que les diverses laques obtenues restent obscures à la lumière de Wood; les parties du calicot qui n'ont pas reçu de mordant présentent évidemment la fluorescence jaune habituelle.

Nous avons recherché pourquoi le Quebracho et le Tizerah étaient les seules matières tannantes végétales présentant ces phénomènes si caractéristiques.

Or Perkin et Gunnell ont démontré en 1896 [1] que le Quebracho Colorado de l'Amérique du Sud renfermait, en dehors du tanin catéchique normal, une matière colorante jaune qu'ils identifièrent avec la *fisetine* du fustet.

Nous avons alors étudié la fluorescence du bois et des extraits de fustet et nous avons constaté qu'elle était rigoureusement identique à celle du Quebracho, ce qui confirme d'abord les travaux de Perkin et Gunnell et ce qui démontre, ensuite, la présence de la fisetine dans le Tizerah du Maroc.

Applications. — En dehors de l'utilisation pour le traitement d'étoffes ou de décors recevant les rayons ultraviolets invisibles de la lumière Wood, la fluorescence, exceptionnelle comme intensité, fournie par les extraits de Quebracho et de Tizerah permet :

1° De reconnaître la présence de ces extraits dans un mélange quelconque, renfermant à la fois des tanins pyrogalliques et des tanins caté-

---

(1) *Journ. Chem. Soc.*, 69, 1896, p. 1303.

chiques. C'est la première fois que semblable problème peut être résolu. Il suffit d'étendre d'eau le mélange tannique, d'y introduire une pincée d'acétocellulose ou un morceau de papier filtre et de présenter le tout à la lumière Wood. La solution d'extrait reste sombre, l'acétocellulose ou le papier sont fortement fluorescents, si le mélange contient du Quebracho ou du Tizerah;

2° De rechercher, sur un cuir tanné, s'il a été fait usage dans sa fabrication d'extrait de Quebracho ou d'extrait de Tizerah. Il suffit de raboter quelques décigrammes de cuir, de les agiter avec quelques centimètres cubes d'eau et de malaxer la solution décantée avec une pincée d'acétocellulose ou de la verser sur du papier filtre. La solution du problème est immédiate et ne prête à aucune discussion.

Si l'on tient compte du fait que, à de très rares exceptions près, toutes les méthodes de tannage rapide utilisent l'extrait de Quebracho, on peut très facilement et très rapidement se rendre compte si un cuir a été obtenu par tannage lent, à l'écorce de chêne pure.

Nous avons utilisé dans nos essais une lampe à rayons ultraviolets de Gallois de 3,5 amp. sous 110 volts (continu), montée dans une gaine métallique pourvue d'une fenêtre obturée avec un filtre en verre à l'oxyde de nickel.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cémentation des alliages ferreux par le chrome.* Note (1) de M. **J. Laissus**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai étudié la cémentation des alliages ferreux par le chrome, les alliages étant placés au sein de ferro-chrome pulvérisé, et protégés contre toute action extérieure (atmosphère du four).

1. *Influence du temps et de la température.* — Les essais ont porté sur un acier ordinaire de cémentation. Le ferro-chrome employé comme cément avait pour composition : Cr = 60 pour 100; C = 0,29 pour 100.

J'ai constaté micrographiquement, de l'intérieur vers l'extérieur, l'existence : 1° d'une zone de solution solide (disparition de la perlite) dont l'épaisseur croît avec la température et passe, pour une cémentation de de 5 heures, par un maximum aux environs de 1100°; 2° d'une zone d'eutectique; 3° d'une couche brillante externe, probablement constituée

(1) Séance du 22 juin 1925.

par un carbure de chrome, dont l'épaisseur croît linéairement avec le temps, et qui ne se forme qu'à partir de 1100°.

Ces résultats sont résumés dans le tableau I.

En appliquant la loi d'influence de la température établie par M. Weiss [1] j'ai trouvé l'expression suivante donnant la vitesse de formation de la solution solide :

$$\frac{1}{\theta} = 2,9.10^{-5}\ 1,00695^{T}, \quad (\theta = \text{temps}, T = \text{température absolue}).$$

2. *Influence de la composition de l'alliage à cémenter.* — Les essais ont porté sur différents alliages fer-carbone et sont résumés dans le tableau II;

3. *Influence de la composition du ferro-chrome employé comme cément.* — Les essais ont porté sur un acier ordinaire de cémentation et sont résumés dans le tableau III.

4. *Résistance aux actions oxydantes à haute température et à la corrosion par les acides.* — Les essais sur un acier ordinaire de cémentation ont donné les résultats suivants pour des barreaux placés dans un four réglé en atmosphère très oxydante à la température de 1000° :

1° *Acier non cémenté et acier cémenté* 1000°, 10 *heures :* oxydation prononcée au bout de 2 heures.

2° *Acier cémenté* 1200°, 10 *heures :* oxydation très légère au bout de 37 heures;

Au point de vue corrosion par les acides, j'ai trouvé les résultats suivants:

3° *Acide nitrique* (18° B.) : L'acier cémenté 1200°, 10 heures, a donné d'excellents résultats; le tableau IV donne les pertes en pour 100 du poids en fonction du temps sur des échantillons de mêmes dimensions;

4° *Acide chlorhydrique et acide sulfurique :* corrosion très rapide.

5. *Conclusion.* — La cémentation des alliages ferreux par le ferro-chrome est intéressante au point de vue protection contre les oxydations à haute température, et surtout contre l'action de l'acide nitrique, mais il faut, pour cela, dépasser dans le traitement initial la température de 1100° marquant l'apparition de la couche brillante externe (probablement constituée par du carbure de chrome) signalée plus haut; ce constituant se développe d'autant plus vite que la température est plus élevée, l'acier moins carburé et le ferro-chrome plus affiné.

---

(1) H. Weiss, *Thèse*, Paris, 1923, p. 85.

TABLEAU I.

Températures de chauffage.	Temps de chauffage. 2 heures 30. I.	II.	5 heures. I.	II.	10 heures. I.	II.
900°	0,030	″	0,060	″	0,120	″
1000°	0,075	″	0,150	″	0,190	″
1100°	0,160	0,015	0,210	0,032	0,075	0,060
1200°	0,055	0,040	″	0,072	″	0,155

I. Épaisseurs en millimètres : solution solide.
II. » » : couche brillante externe.

TABLEAU II.

Chauffage. Températures.	Temps.	Épaisseurs en millimètres de la couche brillante externe. Fer électrolytique.	Acier extra-doux (C = 0,15).	Acier demi-dur (C = 0,4).	Acier dur (C = 0,85).
900°	10 heures	Bordure d'eutectique	Bordure d'eutectique	Bordure d'eutectique	»
1000°	»	Bordure d'eutectique	Bordure d'eutectique	0,050	0,015
1200°	»	0,275	0,155	0,100	0,075

TABLEAU III.

Chauffage. Températures.	Temps.	Cr = 53,18. Fe = 31,80. C = 0,11. I.	II.	Cr = 59,47. Fe = 39,40. C = 0,50. I.	II.	Cr = 62,56. Fe = 36,0. C = 0,65. I.	II.	Cr = 66,46. Fe = 31,65. C = 0,95. I.	II.
900°	10 heures	0,100	″	0,150	″	0,170	″	0,200	″
1000°	»	0,175	″	0,200	″	0,225	″	0,275	″
1200°	»	″	0,120	″	0,070	″	0,070	0,125	0,070

I. Épaisseurs en millimètres : solution solide.
II. » » : couche brillante externe.

TABLEAU IV.

Temps.	Acier de cémentation (laminé-recuit) non cémenté.	Acier cémenté. 1000°-10h.	Acier cémenté. 1200°-10h.	Acier 13 % Cr-0,15 % C (recuit).
5 minutes	19,56	20,02	0,0911	0,0359
25 »	39,26	46,16	0,1408	0,0461
45 »	56,63	67,43	0,1823	0,0461
2 heures 45 minutes	"	"	0,2071	0,0461
4 » 45 »	"	"	0,2071	0,0461
45 heures	"	"	0,2486	0,0513
79 »	"	"	0,2983	0,0513
146 »	"	"	0,3894	0,0615
221 »	"	"	0,4350	0,0769
341 »	"	"	0,4557	0,0769
576 »	"	"	0,4996	0,0769

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le recuit du fer électrolytique dans le vide.* Note (1) de M. R. HUGUES, présentée par M. H. Le Chatelier.

I. J'ai construit, pour l'étude des traitements thermiques dans le vide, un four à résistance basé sur le principe suivant : une double enceinte de quartz permet de réaliser dans la partie centrale où se trouve l'éprouvette le vide maximum de la chute à mercure, un vide de 2^{mm} environ étant réalisé dans la chambre annulaire où est disposé l'enroulement chauffant; l'extérieur du four est refroidi par un serpentin parcouru par une circulation d'eau; ce dispositif permet la récupération des gaz s'échappant des alliages traités, et supprime les erreurs dues à la porosité, aux températures élevées, du quartz et du joint de la chambre de chauffe, ce joint étant constitué par un cône rodé sous cuvette de mercure.

II. L'étude du recuit du fer électrolytique brut à l'aide de cet appareil a porté sur les dégagements gazeux et les variations des propriétés magnétiques, mécaniques et micrographiques en fonction de la température et de la durée du traitement.

a. Pour une durée fixe de deux heures, les *volumes de gaz dégagés* par deux éprouvette de $200 \times 10 \times 5^{mm}$, soit 20^{cm^3}, croissent avec la température comme le

(1) Séance du 22 juin 1925.

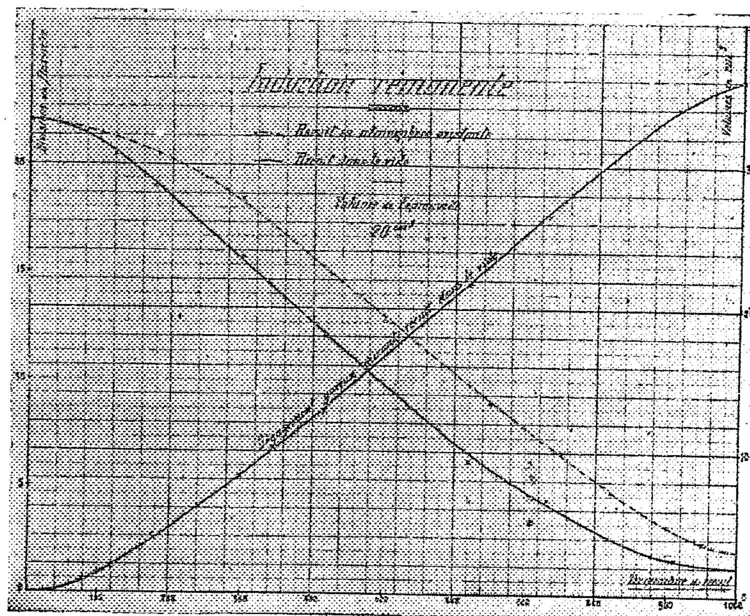
montre la courbe correspondante de la figure, depuis $1^{cm^3},5$ environ pour 100° jusqu'à 36^{cm^3} pour 1000°.

A température constante, la courbe des volumes prélevés périodiquement, en fonction du temps, passe par un maximum, puis redescend à zéro; ce maximum est naturellement atteint d'autant plus vite que la température est plus élevée; à 730° par exemple, une éprouvette de 20^{cm^3} nous a donné : de 0 à 10′, $1^{cm^3},2$ de gaz; — de 10 à 20′, 7,4; — de 20 à 30′, 4,9; — de 30 à 40′, 2,9; — et de $4^h 50^m$ à 5^h, 0,2.

L'éprouvette traitée pendant 6 heures à 730° a donné ainsi 30^{cm^3} environ de gaz, soit une fois et demie son volume; l'analyse de ces gaz a été la suivante :

CO^2, 6 pour 100; CO, 34 pour 100; H, 49 à 51 pour 100;
carbure d'hydrogène, 4 à 2 pour 100; divers, 7 pour 100.

b. Au point de vue magnétique, les courbes d'induction, perméabilité et induction rémanente montrent une variation plus rapide que pour les traitements en atmosphère oxydante; la figure indique les résultats obtenus, pour l'induction rémanente, en fonction de la température et pour une durée de 2 heures.



c. Les variations des *propriétes mécaniques*, charge de rupture, allongement, dureté, résilience, présentent également une avance sur les variations après recuit en atmosphère normale; elles ont une allure un peu analogue à celle des courbes de recuits après écrouissage, mais ici les variations commencent dès les basses température et sont plus progressives, par suite de l'influence du départ des gaz occlus se

superposant à l'effet de la recristallisation; c'est ainsi que la dureté Brinell a donné les valeurs suivantes :

A l'état brut	151
Après recuits à 175°	146
» 300°	130
» 620°	106
» 730°	101
» 825°	85
» 910°	60
» 1000°	58

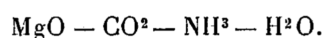
la dureté d'un échantillon fondu dans le vide étant de 55.

La résilience, de 0 à l'état brut, était déjà de 3 après recuit à 175°, de 9 après 300°, et de 15 après 620°.

d. Les *essais micrographiques* ont montré les changements bien connus de structure du fer électrolytique par recuit; ils sont ici particulièrement intéressants parce que ces traitements dans le vide, rendant inutiles des polissages successifs, permettent de voir la superposition des différentes structures, d'un recuit à l'autre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de l'équilibre du carbonate de magnésie en solutions ammoniacales.* Note de M. **Gérard H. Lafontaine**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On a peu de données sur les équilibres du système



$$MgO - CO^2 - NH^3 - H^2O.$$

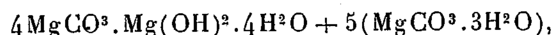
J'en ai entrepris l'étude systématique. Dans ce but, j'ai exécuté une première série d'expériences à la température de 30° C.

A une solution concentrée de bicarbonate de magnésie, contenant 20 à 25^g de Mg $(HCO^3)^2$ par litre, j'ai ajouté des quantités croissantes d'ammoniaque, de bicarbonate d'ammoniaque ou d'un mélange de ces deux substances. Cette première série d'expériences a permis de définir les conditions de formation des sels purs employés dans la seconde partie de ce travail.

Les solutions ont été placées dans un thermostat à 30° au sein duquel elles étaient agitées mécaniquement environ 10 heures par jour. L'équilibre s'établit très lentement; certaines expériences ont été prolongées pendant huit jours. La composition de la phase solide ne change pas pendant toute

la durée de son contact avec la solution; la quantité seule du précipité augmente avec le temps.

J'ai pu ainsi déterminer les zones de formation du carbonate neutre $MgCO^3.3H^2O$, du carbonate double $MgCO^3.(NH^4)^2CO^3.4H^2O$, du carbonate basique $MgCO^3.Mg(OH)^2.4H^2O$, substances déjà connues, et enfin d'un carbonate basique correspondant à la formule



$$4MgCO^3.Mg(OH)^2.4H^2O + 5(MgCO^3.3H^2O),$$

qui n'avait pas encore été mentionné. Ce dernier sel, obtenu dans des conditions bien déterminées, n'est pas un mélange de carbonate basique, $4MgCO^3.Mg(OH)^2.4HO^2$ et de carbonate neutre $MgCO^3.3H^2O$, mais bien un composé homogène qui, au microscope, apparaît sous forme de petits sphérolites faiblement translucides, ne polarisant pas la lumière. Dans aucun cas, je n'ai obtenu le bicarbonate double $MgCO^3.NH^4HCO^3.4H^2O$, dont l'existence a été mentionnée par certains auteurs.

Dans le tableau suivant, on trouvera les données correspondant aux limites de formation des différents carbonates obtenus. La composition des solutions d'équilibre correspondant à chaque phase solide y est exprimée en molécules pour 100 molécules d'H^2O.

Une phase solide.

$MgCO^3.3H^2O$.			$MgCO^3.(NH^4)^2CO^3.4H^2O$.		
MgO.	CO^2.	NH^3.	MgO.	CO^2.	NH^3.
0,160	1,487	1,193	0,075	2,427	2,233
0,103	2,508	2,099	0,056	1,065	1,087
0,097	0,256	0,129	0,026	1,315	1,514
0,041	0,816	0,875	0,024	3,357	3,269
0,021	0,089	0,144	0,016	0,623	1,277
0,020	0,292	1,168	0,008	3,745	3,837
0,055	0,952	0,970	0,006	1,593	10,386

$4MgCO^3.Mg(OH)^2.4H^2O$.			$4MgCO^3.Mg(OH)^2.4H^2O + 5(MgCO^3.3H^2O)$.		
MgO.	CO^2.	NH^3.	MgO.	CO^2.	NH^3.
0,007	0,102	15,710	0,015	0,196	5,524
0,001	0,010	10,981	0,012	0,152	8,604

Deux phases solides.

$MgCO^3.3H^2O$ et $MgCO^3.(NH^4)^2CO^3.4H^2O$.			$MgCO^3.3H^2O$ et $4MgCO^3.Mg(OH)^2.4H^2O$.		
MgO.	CO².	NH³.	MgO.	CO².	NH³.
0,091	2,172	1,932	0,008	0,084	5,562
0,021	0,463	1,351	0,008	0,095	11,029
0,019	0,888	1,402			
0,012	1,300	1,582			

$MgCO^3.3H^2O$ et $4MgCO^3.Mg(OH)^2.4H^2O + 5(MgCO^3.3H^2O)$.		
MgO.	CO².	NH³.
0,020	0,220	3,783
0,006	0,178.	4,369

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la dissolution du nickel dans l'acide sulfurique sous l'influence du courant alternatif.* Note de M. **A.-P. Rollet**, présentée par M. Le Chatelier.

On sait que par électrolyse une anode de nickel se dissout dans l'acide sulfurique même froid et dilué. M. Marsh (¹) a montré qu'avec un courant alternatif d'une fréquence de 39 périodes les électrodes de nickel étaient attaquées par l'acide sulfurique avec un dégagement d'hydrogène dont le volume se rapprochait de la valeur calculée d'après l'intensité moyenne.

Les premiers essais du présent travail ont montré que le dégagement d'hydrogène correspond exactement au poids du nickel dissous dans l'acide sulfurique. Dans ces conditions la plupart des mesures ont pu être ramenées à une simple pesée de l'électrode avant et après l'opération.

Le dispositif expérimental comprend une grande cuve où plongent les deux électrodes et un agitateur mécanique. L'opération porte sur un volume important d'électrolyte (de 3 à 5¹) qui est changé après chaque mesure. De cette façon la teneur du bain en sulfate de nickel reste constamment négligeable. Les deux électrodes de nickel sont semblables et l'on a soin de vernir à la gomme laque leurs dos et arêtes. Le courant employé a une fréquence de 50 périodes et l'étude des oscillogrammes montre qu'il peut être considéré comme sinusoïdal.

(¹) Marsh, *Proceed. Roy. Soc.*, 97, 1920, p. 124.

Une étude détaillée de l'influence des divers facteurs, comme la densité de courant, l'agitation, la concentration de l'électrolyte, la température, le rayon de courbure et l'épaisseur de l'électrode, a été faite en se basant pour l'établissement du rendement sur la loi de Faraday et en faisant le calcul d'après le courant moyen de la demi-période.

La température de bain, entre 0 et 30°, et la vitesse de rotation de l'agitateur font croître le rendement. On reconnaît nettement l'influence des causes qui facilitent la dissolution de l'oxyde de nickel dans l'acide sulfurique et la diffusion des ions Ni^{++}. Cependant, fait particulier, le rendement passe par un maximum vers 30° et décroît quand la température monte plus haut. Vers 65 ou 70° il tombe à une valeur inférieure à celle correspondant à la température de 0°.

La concentration de l'acide sulfurique influe sur le rendement. Pour les faibles densités de courant le rendement croît très vite avec la concentration, puis devient constant. Pour les densités de courant plus fortes, il croît plus lentement et ne se stabilise que lorsque le bain est concentré en acide sulfurique. Il semble que le phénomène soit dû à l'influence de la vitesse de dissolution de l'oxyde de nickel, d'autant plus nette que l'épaisseur de la couche d'oxyde est plus grande. A l'alternance qui suit celle de l'oxydation, l'hydrogène réduit l'oxyde non encore dissous (s'il s'en trouve), d'où baisse du rendement.

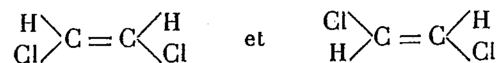
La densité de courant a une action particulière; jusqu'à une valeur comprise entre 0,7 et 1,5 ampère par centimètre carré, le rendement croît; il baisse ensuite très vite. La composition des gaz donne de l'hydrogène pur pour la partie ascendante de la courbe : rendement-densité de courant vers le maximum quelques traces d'oxygène apparaissent; quand le rendement baisse l'analyse des gaz indique un mélange d'oxygène et d'hydrogène, ce dernier en plus grande proportion que dans le mélange tonnant. La quantité d'oxygène correspond sensiblement à la différence entre le rendement trouvé et le maximum de la courbe, ce qui revient à dire qu'au point de vue de l'hydrogène dégagé il n'y a pas eu baisse de rendement, puisque l'hydrogène recueilli correspond au nickel dissous plus l'oxygène dégagé. On peut expliquer facilement ces résultats en supposant que le métal adsorbe à sa surface de l'hydrogène qui se recombine à l'alternance suivante avec l'oxygène. Il en résulte une augmentation de rendement proportionnelle à la diminution de la surface jusqu'au moment où cette dernière devient insuffisante pour fixer tout l'oxygène d'une même alternance, alors une partie de ce gaz se dégage.

En se plaçant dans des conditions telles que chaque facteur influant sur le rendement donne le maximum de nickel dissous, il était intéressant de voir quel serait le rendement atteint. Il a été possible ainsi de dissoudre le nickel jusqu'à 99,5 pour 100 de la quantité théorique et ceci à la fréquence relativement grande (toutes choses égales d'ailleurs) de 50 périodes par seconde. Les conditions rigoureusement déterminées de l'opération ont été les suivantes : densité de courant, 1,5 ampère par centimètre carré, SO^4H^2 à 5 molécules-grammes par litre, température 35°, agitation 250 tours à la minute.

Il y aurait donc possibilité, en réalisant un coulomètre dans les conditions qui viennent d'être indiquées, de mesurer directement, avec une précision supérieure à 1 pour 100, l'intensité moyenne d'un courant alternatif dont on connaîtrait déjà l'intensité efficace, à condition bien entendu que la fréquence ne soit pas supérieure à 50 périodes.

PHOTOCHIMIE. — *Étude quantitative des spectres d'absorption ultraviolets des bichlore-éthylènes.* Note de MM. J. **Errera** et **Victor Henri**, présentée par M. Jean Perrin.

Le pouvoir réfringent moléculaire R_m^D des dérivés *cis* et *trans*



mesuré par G. Chavanne [1] en 1912 est un peu plus élevé pour le dérivé *trans* (20,56) que pour le *cis* (20,25).

Dans un travail récent il a été montré par l'un de nous que la constante diélectrique est très différente pour les deux dérivés (*trans* 2,28, *cis* 9,22), ce qui indique que le dérivé *cis* est un dipôle avec un moment électrique élevé. La polarisation atomique et d'orientation dipolaire est égale à 40,2 pour le dérivé *cis* et à 1,9 pour le *trans* [2].

Sur des échantillons préparés par M. Chavanne, nous avons étudié par la méthode quantitative l'absorption des rayons ultraviolets pour les deux isomères en solutions hexanique et alcoolique, ainsi qu'à l'état pur.

Résultats. — 1° Pour les deux dérivés l'absorption commence vers

---

(1) G. Chavanne, *Bull. Soc. Ch. Belg.*, 26, 1912, p. 287.

(2) J. Errera et M. Lepingle, *Bull. Acad. roy. Belg.*, 43, 1925, p. 150. — J. Errera, *Ibid.*, p. 154.

$\lambda = 2600$ Å et augmente de plus en plus vite du côté ultraviolet. Le tableau suivant contient les valeurs du coefficient d'absorption moléculaire ε ($\mathfrak{I} = \mathfrak{I}_0 . 10^{-\varepsilon . cd}$).

λ	2594.	2520.	2475.	2410.	2307.	2260.	2240.	2200.
HClC = CClH *cis*	0,026	0,13	0,35	3,5	33	210	350	890
» *trans*	0,035	0,18	0,72	7	117	700	1170	3510
Rapport des coefficients	1,3	1,4	2	2	3,5	3,3	3,3	3,9

2° Le dérivé *trans* absorbe toujours plus que le dérivé *cis*; la différence d'absorption augmente pour les courtes longueurs d'onde; le rapport des coefficients d'absorption passe de 1,3 pour $\lambda = 2595$ à 3,9 pour 2200 Å.

3° Cette différence d'absorption est la même pour les solutions hexaniques depuis $\frac{4}{10000}$ jusqu'à $\frac{4}{1}$, pour les solutions alcooliques et pour les liquides purs; ceci permet de supposer que les molécules sont dans le même état dans ces différents solvants, malgré leur différence de constante diélectrique.

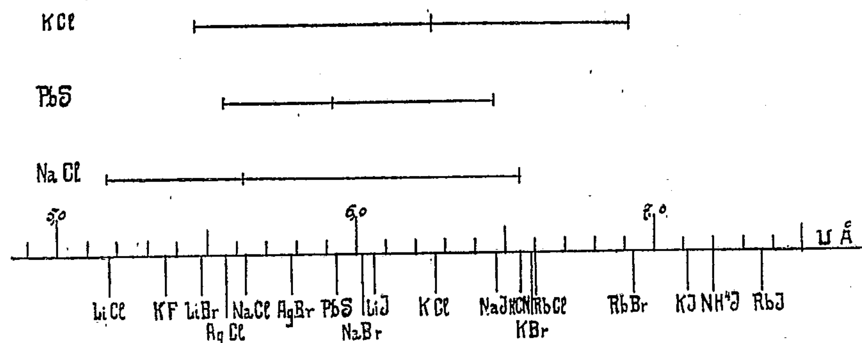
CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les accolements réguliers de cristaux d'espèces différentes.* Note de M. L. **Royer**, présentée par M. Pierre Termier.

A la suite de nombreuses observations sur les accolements réguliers de cristaux d'espèces différentes, on a admis depuis longtemps qu'ils étaient dus au fait que les réseaux des deux espèces présentent une quasi-identité de forme et de dimensions, à une certaine tolérance près. Possédant par l'étude des cristaux aux rayons X les paramètres absolus de toute une série de cristaux, nous avons recherché quel est l'ordre de grandeur de cette tolérance permise dans la différence des dimensions des deux réseaux. A cet effet nous avons repris et élargi les expériences d'accolements réguliers entreprises par Barker (¹) sur les halogénures alcalins; en partant d'une espèce déterminée nous nous sommes efforcé de trouver une série aussi complète que possible de cristaux d'espèces différentes donnant des accolements réguliers. Nous avons été ainsi amené à constater des accolements réguliers nouveaux sur un clivage frais de galène.

Le graphique ci-contre résume les résultats de ces études. Nous y avons porté sur la ligne horizontale du bas les paramètres absolus en unités

(¹) Barker, *Zeitschr. für Kristall.*, 45, 1908, p. 1-62.

Angström des corps étudiés. Nous avons fait cristalliser ces substances successivement sur un clivage frais de sel gemme, de galène et de sylvine; celles qui se déposent en cristaux orientés sur chacun de ces clivages sont reliées par la ligne horizontale correspondante en regard de NaCl, PbS et KCl.



Seuls les cristaux dont les paramètres sont voisins de part et d'autre du paramètre du cristal qui leur sert de support donnent des accolements réguliers. Il existe dans tous les cas pour une espèce cristalline une limite supérieure et inférieure du paramètre de l'espèce différente au delà desquelles l'accolement ne se produit plus.

C'est ainsi que NaCl (paramètre en U.Å : 5,63) oriente les substances suivantes : LiCl (5,17) ; KF (5,36) ; LiBr (5,48) ; AgCl (5,56) ; AgBr (5,78) ; NaBr (6,02) ; LiI (6,06) ; KCl (6,26) ; NaI (6,47) ; KCN (6,55) et NaCN ; par contre le dépôt se fait dans une orientation quelconque pour les substances suivantes : NaF (4,61) d'une part et d'autre part KBr (6,59) ; RbCl (6,60) ; RbBr (6,93) ; KI (7,11) ; NH^4I (7,20) ; RbI (7,36). La différence permise entre les dimensions du réseau du sel gemme et de celui des espèces qui fournissent des accolements réguliers est donc de 16 pour 100 du paramètre de NaCl environ. Un clivage frais de NaCl oriente parmi les substances essayées toutes celles dont les paramètres sont compris entre $1,16a$ et $0,84a$, en désignant par « a » le paramètre de NaCl.

En répétant les expériences sur la sylvine on constate que ce sont LiBr, AgCl, NaCl, AgBr, NaBr, LiI, NaI, KCN, NaCN, KBr, RbCl, RbBr, qui donnent des accolements réguliers, tandis que NaF, LiCl, KF d'une part et KI, NH^4I, RbI d'autre part, se déposent en cristaux non orientés.

Sur un clivage frais de galène enfin, on obtient des accolements réguliers avec AgCl, NaCl, AgBr, NaBr, LiI, KCl, NaI, NaCN et KCN par endroits, tandis que NaF, LiCl, KF, LiBr d'une part et KBr, RbCl, RbBr, KI, NH^4I, RbI d'autre part, se déposent dans une orientation quelconque.

Pour la sylvine, la tolérance permise dans la différence des deux réseaux est donc de 12 pour 100 du paramètre de KCl; pour la galène, elle est de 10 pour 100 du paramètre de PbS.

Du reste, dans tous les cas on trouve que l'accolement est d'autant plus complet et plus facile à réaliser, que les paramètres des deux espèces sont plus voisins.

Les phénomènes de macles et de syncristallisation étant dans leur cause voisins de ceux des accolements réguliers on voit combien la tolérance dans la différence des deux réseaux est plus grande pour les accolements réguliers que pour les macles et la syncristallisation. Certaines espèces telles que NaCl et KCl qui ne donnent pas de cristaux mixtes à température ordinaire donnent néanmoins des accolements réguliers. Un radiogramme obtenu avec un clivage de NaCl sur lequel s'étaient déposés des cubes orientés de KCl nous a fourni les deux spectres séparés des espèces KCl et NaCl montrant bien qu'il n'y avait pas formation d'un cristal mixte; accessoirement les positions des différentes lignes de diffraction montrent, en accord avec l'examen microscopique, que les cristaux de KCl ont la même orientation cristallographique que ceux de NaCl. Il s'agit donc bien d'un accolement régulier de KCl pur sur NaCl pur.

Si les deux substances qui s'accolent ont une symétrie cubique, l'accolement doit se faire nécessairement sur toutes les faces. C'est bien ce que nous avons observé. C'est ainsi que KCl se dépose en cubes orientés sur les faces $b^1(110)$ et $b^2(210)$ du sel gemme; de même NaCl se dépose sous forme de figures triangulaires sur la face $a^1(111)$ de la sylvine. Il n'est même pas nécessaire que le dépôt se fasse sur une face naturelle du cristal; c'est ainsi qu'en produisant une face artificielle tout à fait quelconque en usant un cristal de NaCl à l'émeri dans une direction arbitraire une solution de KCl y dépose des cubes orientés.

SISMOLOGIE. — *Observations séismologiques faites à l'occasion d'une forte explosion.* Note de MM. **E. Rothé**, **J. Lacoste** et **Ch. Bois**, présentée par M. Bigourdan.

Le 31 mars 1925 les Usines d'Hagondange ont provoqué une explosion dans leurs carrières de Malancourt.

3250^{kg} de gamsite, explosif très brisant, avaient été répartis dans 15 fourneaux de mine, chacun de 15^{cm} de diamètre et de $18^{m},50$ de profondeur. Ces fourneaux disposés sur une même ligne et distants de 7^{m} étaient creusés dans du calcaire coquillier. L'explosion a abattu environ 45000 tonnes de matière.

Il nous a paru intéressant de mettre à profit une pareille explosion pour effectuer quelques mesures séismologiques.

Dans ce but deux appareils ont été utilisés :

1° Un séismographe du type Maïnka 130^{kg} installé dans un des locaux des mines de Raucourt, à $5^{km},200$ du lieu de l'explosion.

2° Le pendule de 19 tonnes récemment installé à la station séismologique de Strasbourg.

1° *Appareil installé à la mine de Raucourt.* — Il a parfaitement enregistré les ondes provenant de l'explosion. Cette inscription peut donner un ordre de grandeur de la vitesse de propagation des ondes *dans le calcaire bathonien;* d'autre part il fournit l'amplitude du mouvement du sol à $5^{km},200$ du lieu de l'explosion.

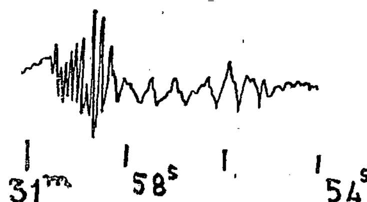
Le signal de l'explosion a été donné par l'Observatoire astronomique de Strasbourg mis en relation téléphonique avec le lieu de l'explosion et avec le lieu de l'observation, elle a eu lieu à $15^{h}30^{m}03^{s}$. Mais cette heure n'est pas connue avec une précision suffisante pour nous permettre de tirer des conclusions certaines sur la vitesse de propagation en raison de la faible distance de parcours. Néanmoins, en admettant comme heure d'explosion $5^{h}30^{m}03^{s}$ et en tenant compte de la faible accélération calculable du cylindre enregistreur tournant à grande vitesse, nous avons trouvé comme vitesse de propagation des ondes $5^{km},700$.

Ce chiffre est du même ordre de grandeur que ceux que l'on connaissait déjà pour la propagation des ondes à trajet continu dans la lithosphère.

Un chiffre bien plus certain est celui de l'amplitude du mouvement du sol à $5^{km},200$ du lieu de l'explosion. Tenant compte de l'agrandissement

dynamique de l'appareil nous avons trouvé un déplacement du sol de 8 microns, le plan d'oscillation de la masse étant perpendiculaire à la direction de propagation des ondes.

2e *Pendule de* 19 *tonnes de la station séismologique de Strasbourg*, $142^{km},500$ *du lieu de l'explosion.* — Nous avions donné à cet appareil, récemment installé, un agrandissement voisin de 2000; il inscrit alors avec une remarquable finesse de détail tous les mouvements de la ville qui viennent s'ajouter au mouvement microséismique; et au milieu d'une telle superposition d'ondes, il est difficile de mettre en évidence l'existence de la très faible variation d'amplitude due à l'explosion, mais il est beaucoup plus facile de constater les variations de période dans les inscriptions. Nous reproduisons ci-dessous un fragment dessiné sous la loupe et agrandi plus de six fois.



Nous avons été nous-mêmes témoins de vibrations à courtes périodes des aiguilles vers $13^h 31^m$, mais nous ne pouvons rien dire de la vitesse de propagation des ondes *p* dont le début est noyé dans l'agitation microséismique.

L'heure de l'explosion étant $15^h 30^m 03^s$ et les ondes à courtes périodes étant inscrites à $15^h 30^m 58^s$, les vibrations correspondantes auraient une vitesse de 2600^m environ.

C'est précisément le chiffre que nous a donné l'inscription d'ondes à période courte obtenue par M. Bois à la Courtine avec un appareil Mintrop.

Cette coïncidence nous fait croire qu'il y a réellement lieu d'attribuer à l'explosion l'inscription obtenue, malgré la grande distance et grâce à la sensibilité de l'instrument pour les vibrations rapides; une enquête a d'ailleurs prouvé qu'aucune autre explosion de quelque importance n'a été produite ce même jour ni dans les différentes carrières des Vosges, ni dans les travaux du port et du chemin de fer.

D'après l'inscription, la grandeur du déplacement du sol à Strasbourg aurait été inférieure au quart de micron.

BOTANIQUE. — *Sur la nutrition du sac embryonnaire chez* Knautia arvensis *Coult.* Note de M. P. Lavialle, présentée par M. Guignard.

Dans deux précédentes Notes [1], j'ai montré que l'accroissement de volume du sac embryonnaire de *Knautia arvensis* Coult. se fait par exfoliation des cellules de l'épiderme interne du tégument (tapis), qui tombent dans la cavité du sac, perdent peu à peu leur structure et sont, finalement, complètement résorbées. Le tissu tégumentaire situé à l'extérieur du tapis ne subit pas de résorption.

Les cellules ainsi exfoliées ont un contenu granuleux, très dense, qui assure au sac une nutrition assez sérieuse. Mais ce dernier reçoit, aussi, de la région autipodaire, des produits apportés par le faisceau nourricier de l'ovule, élaborés daus la région chalazienne, et versés dans des méats qui sont ainsi entièrement remplis d'une substance jaune, dense et transparente. Les antipodes et les cellules du manchon antipodaire, qui baignent dans la zone des méats chalaziens, se remplissent aussi d'une substance de couleur identique. Enfin, on voit apparaître, un peu avant la fécondation, des corps figurés de même couleur dans la région équatoriale du sac. Mais, dans ce dernier cas, la substance jaune se trouve sous la forme de globoïdes plus ou moins nombreux et gros, dans de véritables plastides souvent fusiformes, droits ou incurvés.

J'ai cherché à établir la nature et la parenté possible des substances jaunes ainsi localisées; 1° dans les méats chalaziens; 2° dans les antipodes et dans le manchon antipodaire; 3° dans les plastides du sac.

J'ai effectué, par la voie microchimique, des réactions variées qui me permettent d'affirmer l'identité de ces trois substances de couleur jaune :

Insolubilité dans l'eau, dans l'alcool, dans l'éther, dans le xylol;

Coloration jaune brun par l'iode;

Solution à froid dans le NaCl à 10 pour 100, dans le CO^3Na^2 à 1 pour 100 et dans le KOH à 5 pour 100.

Digestion par la pepsine en milieu acide.

En dehors de la coloration par l'iode, ces réactions ne s'appliquent qu'aux organes frais. La solubilité dans le sel, les alcalis et la pepsine, est annulée

(1) P. Lavialle, *Sur le sac embryonnaire des Dipsacées* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1127); *Sur les antipodes et la région chalazienne de l'ovule* (*Ibid.*, p. 1606).

ou, du moins, très atténuée par la fixation des ovules dans la solution acétochromique et dans l'alcool.

Ces caractères, en particulier la solubilité, à froid, dans le chlorure de sodium à 10 pour 100, dans les alcalis caustiques et surtout dans le carbonate de soude à 1 pour 100, sont ceux des vitellines végétales ou conglutines.

Les cellules chalaziennes élaborent donc des substances de choix pour alimenter le sac embryonnaire de *Knautia arvensis* et les lui transmettent par l'intermédiaire des antipodes, du manchon périantipodaire et des plastides à globoïdes jaunes situés à l'équateur du sac.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Migration des substances azotées des feuilles vers les tiges au cours du jaunissement automnal.* Note de M. **Raoul Combes**, présentée par M. M. Molliard.

J'ai fait connaître antérieurement les premiers résultats de recherches entreprises dans le but de déterminer quelle est la part des substances azotées qui disparaît des feuilles jaunes des arbres en automne, et plus particulièrement de distinguer, dans la diminution de la teneur en azote de ces feuilles, ce qui doit être rapporté à l'émigration de ce qui est dû à la lixiviation des organes par les précipitations atmosphériques.

La comparaison de feuilles ayant jauni normalement sur les arbres avec des feuilles cueillies encore vertes et abandonnées ensuite au jaunissement en plein air dans des conditions où elles subissaient l'action des rosées et des pluies, m'a amené à conclure que les précipitations atmosphériques n'entraînent pas de quantités appréciables de composés azotés pendant le jaunissement automnal. L'azote qui disparaît des feuilles avant leur chute semblerait donc émigrer en totalité vers les tiges et les racines [1].

Il restait à vérifier cette déduction en essayant de retrouver dans les organes vivaces les substances azotées ayant émigré des feuilles, et en déterminant dans quelles parties de ces organes se produit l'accumulation.

J'ai pensé qu'il serait possible de réunir des renseignements sur ces questions en étudiant les variations qu'éprouvent les composés azotés au cours du jaunissement automnal dans les feuilles et dans les tiges de rameaux cueillis sur les arbres quand les feuilles sont encore vertes, et abandonnées au jaunissement en plein air, leur base sectionnée plongeant dans l'eau.

(1) *Bulletin de la Société botanique de France*, 24, 1924, p. 43-48.

Les recherches ont porté sur des rameaux de *Castanea vulgaris* et de *Fagus silvatica* de 60 à 80^{cm} de longueur.

L'azote total a été dosé par la méthode de Kjeldhal-Jodlbauer. J'ai réussi, dans le tableau ci-dessous, les résultats moyens calculés d'après les chiffres obtenus dans l'analyse de trois lots de quatre rameaux de *Castanea vulgaris*. Ces résultats sont exprimés en milligrammes d'azote et rapportés à 100^{g} de substance sèche.

	Rameaux de *Castanea vulgaris* à feuilles		
		ayant jauni	
	vertes.	sur l'arbre.	sur rameaux détachés.
Feuilles supérieures	2436	1962	1923
» médianes	2474	1822	2103
» inférieures	2417	1364	2312
Tige, partie supérieure	947	928	1612
» » médiane	809	805	1244
» » inférieure	746	766	883
Ensemble des feuilles	2447	1710	2124
Ensemble de la tige	826	833	1194
Ensemble du rameau	1643	1255	1606

Les feuilles de châtaignier jaunissant normalement sur les arbres perdent donc en moyenne $\frac{3}{10}$ de l'azote qu'elles contiennent; mais il faut remarquer qu'elles s'appauvrissent inégalement suivant leur situation sur les rameaux; celles qui se trouvent à l'extrémité des tiges perdent moins d'azote que celles qui sont à la base. Pendant ce temps, la teneur en azote reste inchangée dans les parties jeunes des tiges, celles sur lesquelles ont porté les analyses. Il en résulte que l'ensemble de chaque rameau feuillé (tige et feuilles) éprouve une perte notable en azote. Si l'on suppose que la totalité de l'azote qui disparaît des feuilles passe dans les organes vivaces de l'arbre, on doit admettre que tout cet azote émigre loin des points d'insertion des feuilles, vers les grosses branches, le tronc ou les racines.

Chez les rameaux feuillés cueillis lorsque les feuilles sont encore vertes, et abandonnés ensuite au jaunissement en plein air, les feuilles s'appauvrissent aussi en azote, mais beaucoup moins que dans les conditions normales; la perte constatée est d'environ $\frac{3}{20}$ pour l'ensemble des feuilles d'un rameau. Dans ces conditions particulières de jaunissement on constate un phénomène contraire de celui qui a lieu dans le jaunissement normal : ce

sont les feuilles supérieures de chaque rameau qui perdent le plus d'azote; il en disparaît autant que dans les conditions normales; les feuilles moyennes en perdent moins, et les inférieures une très faible quantité. Mais le résultat le plus important au point de vue de la question posée est que l'azote qui disparaît des feuilles se retrouve dans la tige du rameau détaché, de telle sorte que la teneur en azote de l'ensemble du rameau ne varie pas sensiblement. L'azote qui vient des feuilles s'accumule dans la tige au voisinage immédiat des points d'insertion de ces dernières. Le sommet des tiges, qui porte les feuilles perdant le plus d'azote, accumule une quantité importante de substances azotées, la base, qui porte les feuilles perdant le moins d'azote, en accumule très peu et la région médiane est intermédiaire entre les deux précédentes.

Les dosages effectués sur les rameaux de Hêtre ont donné des résultats de même ordre.

Si l'on admet que les précipitations atmosphériques agissent sur les feuilles jaunes qui se trouvent sur les arbres comme sur celles de rameaux détachés, il est permis de conclure de ces résultats que lorsque les feuilles jaunissent normalement sur les arbres, en automne, les précipitations atmosphériques n'entraînent pas de quantités appréciables de substances azotées, et que l'azote qui disparaît des feuilles pendant cette période émigre en totalité ou presque en totalité vers les organes vivaces. On sait qu'il en va tout autrement pour les matières minérales et pour les hydrates de carbone dont une partie notable est soustraite aux feuilles sous des actions diverses et n'émigre pas vers les tiges.

ZOOLOGIE. — *A propos de la tête osseuse et de la dentition d'un jeune éléphant d'Asie*, Elephas indicus, *L.* Note de M. **F. van Gaver**, présentée par M. Bouvier.

L'étude que j'ai faite de la tête osseuse et de la dentition d'un éléphant d'Asie âgé de trois mois m'a permis de mettre d'abord en évidence certaines particularités ostéologiques non encore signalées; de plus, les caractères spéciaux des incisives de cet animal prouvent que les incisives de lait n'existent pas toujours chez les éléphants actuels; l'étude de ses molaires a éclairé certains points relatifs à la signification morphologique de ces dents, à leur développement et à leur mode de remplacement; enfin j'ai pu aborder les problèmes de morphogénie osseuse qui se posent relativement aux transformations survenues pendant la croissance dans le crâne des éléphants.

I. Chez la grande majorité des mammifères, le travail de synostose de la tête se termine par la face; chez l'homme au contraire c'est par le crâne; chez l'éléphant c'est dans la partie postérieure du crâne que l'ossification est la plus lente, d'où une plus grande mobilité de tout le complexe osseux de cette région. Sur le crâne de l'animal jeune étudié, seule la fontanelle astérique existe encore.

II. Par suite des modifications de la forme du crâne pendant la croissance, la situation, les rapports, les dimensions, la direction des orifices craniens sont profondément modifiés chez l'adulte; chez le jeune leur étude est plus facile, et ils apparaissent à leur place et avec leurs rapports primitifs; je signalerai seulement ici ce qui a trait aux orifices de la région sphéno-orbitaire : elle est très difficilement abordable chez l'adulte, à cause du reploiement et de la compression de la crête postorbitaire du frontal; de plus les orifices y sont considérablement modifiés. Chez le jeune on rencontre d'avant en arrière : 1° un orifice donnant accès dans un canal court, percé dans le frontal, et qui débouche à l'intérieur du crâne au-dessus des lamina cribrosa; 2° le trou optique limité en arrière par l'apophyse sphéno-orbitaire à peine indiquée chez le jeune, longuement développée chez l'adulte; 3° le trou sphénoïdal; il est formé par un repli de l'orbito sphénoïde dont les deux bords ne se rencontrent pas chez le jeune; 4° dans le fond de la cavité se trouve l'ouverture du trou grand rond.

III. Dans l'intérieur du crâne, je signale la présence d'arcs-boutants rappelant par leur situation et leur disposition ceux du crâne de l'homme : ils peuvent être représentés par deux ellipses dont les plans sont placés de biais et se coupent suivant une droite qui rencontre la base du crâne sur le corps du présphénoïde et qui perce la voûte au niveau de la dépression où s'insère le grand ligament de la nuque; un autre contrefort suit longitudinalement la voûte et passe par le point où se croisent les deux ellipses précédentes.

IV. Les incisives que portait la tête étudiée ne correspondent en rien à la description des incisives de lait : elles sont encore entièrement logées dans leurs alvéoles; elles sont creuses, largement ouvertes en arrière, recouvertes d'un vernis d'émail; l'épaisseur de leur paroi est de 1^{mm}, la dent a $0^{m},018$ de longueur, $0^{m},014$ de largeur. De ces caractères il résulte que l'on est en présence, non pas d'une incisive de lait, mais bien d'une incisive définitive; et cela clôt le débat toujours ouvert sur le point de savoir si les incisives de lait peuvent manquer chez les éléphants actuels.

V. Au sujet des molaires de lait, je signalerai seulement ici ce que j'ai

observé relativement à la division tripartite des lamelles; ces observations confirment, en les corroborant, celles qui ont été faites par Soergel au sujet d'*Elephas trogontherii* Pohl. et d'*E. antiquus* Falc.; elles cadrent aussi avec la description qu'a donnée Bolk de la papille basilaire du germe de la seconde dent de lait d'un fœtus d'éléphant d'Afrique.

VI. En ce qui touche à la morphogénie osseuse du crâne, je me suis efforcé de démontrer, en me basant sur l'ontogénie et la phylogénie, que les modifications qui se produisent pendant la croissance de l'éléphant, sont dues, non pas comme le disent Weithofer et plus récemment Soergel, à l'action exclusive des défenses, mais aussi, et surtout peut-être à l'action de la trompe.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Rendement énergétique dans la croissance des microorganismes en fonction de la concentration des substances nutritives du milieu et consommation de luxe.* Note [1] de M. **Émile-F. Terroine**, Mlle **S. Trautmann** et M. **R. Bonnet**, présentée par M. Guignard.

Après avoir montré que l'existence d'une « consommation de luxe » chez les homéothermes, existence dont la réalité était mise en doute par de nombreux physiologistes, devait être maintenant reconnue et cela sur la double preuve des observations faites au cours de la guerre par Lambling, de Waele, Zuntz et Loewy et des expériences entreprises par Gräfe et par Benedict, Miles, Roth et Smith, l'un de nous [2] pose la question de savoir si ce phénomène est commun à tous les êtres vivants ou si, au contraire, limité aux homéothermes, il relève d'un mécanisme régulateur qui leur est propre.

Or si le fait est général, il signifie que la consommation cellulaire dépend non seulement de facteurs internes-composition, structure, etc., mais aussi, dans une assez large mesure, de la quantité des aliments offerts. Et s'il en est bien ainsi, si la cellule élève sa production d'énergie lors d'une alimentation abondante et l'abaisse pour une alimentation restreinte il est évident que, variera au cours de la croissance, la part de la dépense d'entretien dans le métabolisme global. Et ainsi, le rendement énergétique brut des processus de croissance, loin d'être fixe, variera en fonction de la quantité des aliments offerts.

Telle est la conséquence dont nous nous sommes proposés de contrôler l'exactitude

(1) Séance du 22 juin 1925.

(2) Terroine, *Le Métabolisme de base* (Presses universitaires de France, Paris 1925).

en recherchant si, lors du développement des microorganismes, le rendement énergétique diffère lorsque varie, dans une mesure, la concentration des substances nutritives du milieu sur lequel ils se développent.

A cet égard, Frouin et Maylis Guillaume mettent en évidence un fait suggestif : lors de la croissance du bacille tuberculeux sur un milieu dans lequel le glucose est l'aliment organique, le rendement matériel, — c'est-à-dire le rapport du poids de la récolte au poids du glucose consommé, — diminue au fur et à mesure que s'élève la concentration du glucose. A leur suite, nous avons observé des phénomènes analogues dont nous discuterons la signification dans un prochain Mémoire. Le rendement matériel dans le développement du *St. nigra* est de 39 pour 100 lorsqu'il pousse sur un milieu à 3 pour 100 de glucose et de 23 pour 100 sur milieu à 30 pour 100; celui du bacille de la Phléole passe de 43 à 23 pour 100 lorsque la concentration du milieu en sucre s'élève de 2 à 12 pour 100.

Mais, ainsi que nous l'avons montré à plusieurs reprises, le rendement matériel ne peut pas nous fournir une image exacte des dépenses d'énergie. De nombreux phénomènes peuvent expliquer, en effet, une variation du rendement matériel sans modification correspondante du rendement énergétique. On peut imaginer, ou que le microorganisme ayant changé sa composition, le poids ne signifie plus rien quant à l'énergie potentielle qu'il renferme, ou que le sucre est remplacé par un produit intermédiaire de valeur énergétique très voisine, mais qui n'est plus dosé.

Nous avons donc cherché dans l'étude de la croissance de deux microorganismes aussi différents que possible quant à leur composition, — *St. nigra* constitué à peu près uniquement par de la cellulose et des protéiques, bacille de la Phléole très riche en matières grasses, — si des variations de concentration des constituants du milieu de culture provoqueraient une modification de la valeur du rendement énergétique.

Dans ce but, nous avons fait simultanément et proportionnellement la concentration de tous les constituants, maintenant toujours le même équilibre entre tous. Les milieux utilisés ont donc été tantôt ceux ci-dessous indiqués, tantôt ces mêmes milieux dont la concentration de chacun des éléments a été multipliée par 5, 10 et 15 dans le cas du *St. nigra* et par 2, 4 et 6 dans le cas du bacille de la Phléole.

Milieu de culture du St. nigra.

Glucose	20
Phosphate monopotassique	1
Chlorure de potassium	0,5
Sulfate de magnésie	0,5
Sulfate de fer	0,01
Sulfate de zinc	0,01
Sulfate d'ammoniaque	5,0
Eau	1000

Milieu de culture du bacille de la Phléole.

Glucose	20
Phosphate monopotassique	0,75
Sulfate de magnésie	0,5
Citrate de potassium	1
Peptone	5,0
Eau	1000

Les déterminations des valeurs du rendement énergétique ont été faites suivant une technique récemment indiquée ([1]); les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous :

St. nigra

Concentration du milieu d'après le glucose.	Nombre des mesures.	Rendement énergétique. Valeur extrême.	Valeur moyenne.
2 pour 100	4	0,56-0,61	0,59
10 »	5	0,57-0,60	0,58
20 »	8	0,57-0,60	0,58
30 »	5	0,56-0,60	0,58

Bacille de la Phléole.

Concentration du milieu d'après le glucose.	Nombre des mesures.	Rendement énergétique. Valeur extrême.	Valeur moyenne.
2 pour 100	4	0,59-0,61	0,59
4 »	5	0,59-0,60	0,60
8 »	3	0,60-0,62	0,61
12 »	4	0,59-0,60	0,60

Ces résultats sont particulièrement démonstratifs : la concentration des éléments nutritifs du milieu peut varier dans la proportion de 1 à 6 pour le bacille de la Phléole, de 1 à 15 pour le *St. nigra*, l'utilisation énergétique pour la croissance reste exactement la même. C'est évidemment dire que la part de la consommation globale affectée à la dépense d'entretien n'a pas varié. C'est donc que le métabolisme de la cellule n'est pas modifié par la concentration des aliments mis à sa disposition.

Constatation qui prend toute son importance, rapprochée d'un fait récemment acquis par Stricker et Bouckaert, à savoir qu'une injection de glucose à des lapins provoquant une hyperglycémie telle que le taux du sucre est quadruplé n'entraîne aucune augmentation de la production calorique.

([1]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 7, 1925, p. 351 et suiv.

Au total, la consommation de luxe ne s'observe pas chez tous les organismes, elle ne paraît pas pouvoir être rapportée à une modification des dépenses d'énergie de la cellule en fonction de la quantité des aliments offerts; sa cause doit être vraisemblablement cherchée dans l'existence d'un mécanisme plus complexe, particulier aux homéothermes.

PHYSIOLOGIE. — *Équilibre alimentaire et proportions relatives des sels minéraux et des glucides d'une ration.* Note de Mme **L. Randoin**, M. **J. Alquier**, Mlles **Asselin** et **Charles**, présentée par M. E. Leclainche.

Au cours de nos recherches sur la valeur nutritive des diverses issues de blé et de leurs constituants, nous avons notamment expérimenté pendant un an sur une centaine de rats recevant des régimes à base de *gros son* ordinaire, aliment qui, seul, ne suffit pas à entretenir la vie.

Technique. — Après analyse chimique du gros son employé et comme suite à nos travaux sur la valeur biologique des protides qu'il renferme [1], nous avons complété systématiquement cet aliment fortement déséquilibré (peu riche en lipides, en glucides à cause du blutage élevé actuel, en outre *presque dépourvu de* Cl et Na, pauvre en Ca) en lui ajoutant :

a. ou de la *caséine*, ou du *beurre*, ou du *saccharose*, ou enfin du *NaCl* et du *$CaCl^2$*, mélangés en solution; *b.* ou bien ces compléments introduits *deux à deux*, ou *trois à trois*, ou tous les *quatre à la fois*.

Chaque régime a été étudié au moyen d'un lot de rats des deux sexes en voie de croissance. Le poids de chaque rat et celui de ses ingesta ont été enregistrés quotidiennement; la valeur énergétique de la ration digérée a été calculée après détermination directe des coefficients de digestibilité.

Résultats. — I. Les *croissances* enregistrées sont figurées comparativement : *a.* sur les graphiques I et II relatifs aux rations suivantes :

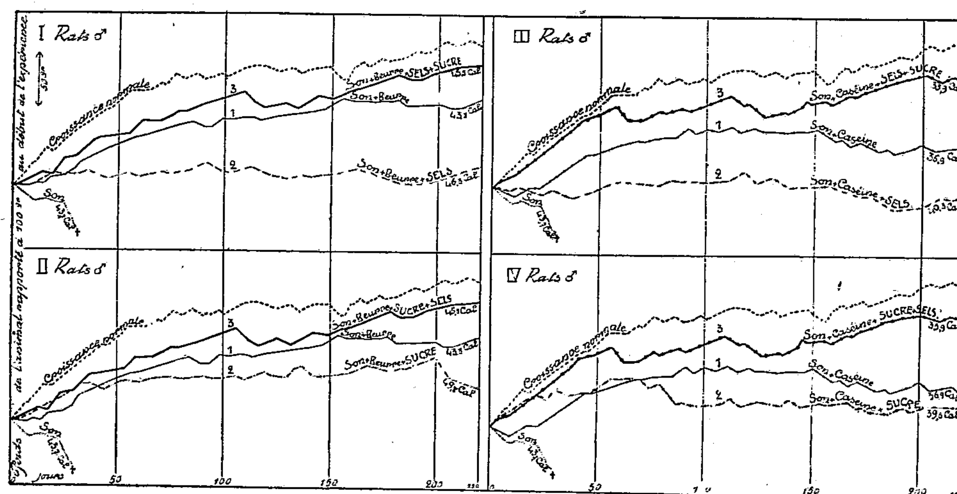
(Son, 80 pour 100 + beurre, 20 pour 100); (son, 80 + beurre, 18 + sels, 2); (son, 64,3 + beurre, 14,3 + sucre, 21,4); (son, 58 + beurre, 16,1 + sucre, 24,1 + sels, 1,8.)

b. sur les graphiques III et IV concernant des rations de même composition centésimale, dans lesquelles le beurre est remplacé par de la *caséine*.

II. Le tableau suivant réunit, pour chacun des régimes (*classés en quatre*

(1) Mme L. Randoin et J. Alquier, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1342.

groupes, dans l'ordre de leur valeur biologique croissante), un certain nombre de données numériques :



a. *Valeur énergétique* de la ration quotidienne digérée ;

b. Valeur du *rapport* $\frac{Ca}{P}$ existant dans la ration ingérée ;

c. Valeur du *rapport* des *matières minérales totales* aux *glucides totaux* (sauf celluloses) exprimés en monosaccharides ;

d. Valeur du *rapport* des *matières minérales de la partie soluble* du régime aux *glucides solubles*.

	I. Croissance nulle.		II. Croissance très faible.		III. Croissance moyenne.		IV. Croissance bonne.	
Régimes	Son, caséine, *sels*.	Son, beurre, *sels*.	Son, caséine, *sucre*.	Son, beurre, *sucre*.	Son, caséine.	Son, beurre.	Son, caséine, *sucre*, *sels*.	Son, beurre, *sucre*, *sels*.
Nombre de calories..	40,3	46,3	39,6	49,8	36,9	43,8	35,9	45,5
$\frac{Ca}{P}$........	$\frac{1}{2,7}$	$\frac{1}{2,5}$	$\frac{1}{5,8}$	$\frac{1}{6,6}$	$\frac{1}{5,4}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{2,2}$	$\frac{1}{2,2}$
Mat. minér. totales / Glucides tot. (sauf celluloses)...	$\frac{1}{4,8}$	$\frac{1}{5,5}$	$\frac{1}{12,8}$	$\frac{1}{13,8}$	$\frac{1}{6,9}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9,5}$	$\frac{1}{9,9}$
Mat. minér. des subst. solubles / Glucides solubles...	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{11,8}$	$\frac{1}{11,8}$	$\frac{1}{1,8}$	$\frac{1}{1,9}$	$\frac{1}{7,9}$	$\frac{1}{7,5}$

Conclusions. — I. De l'examen des graphiques, il ressort : *a.* que des rations relativement peu complexes (son + caséine), (son + beurre), non seulement entretiennent la vie, mais permettent une croissance nette, bien qu'inférieure à la normale; *b.* que ces rations ne permettent plus qu'une croissance très faible ou presque nulle, lorsqu'on essaie de les compléter, l'une ou l'autre, avec un principe en déficit, *soit avec la solution minérale seule, soit avec le sucre seul; c.* que ce *déséquilibre alimentaire* ne se produit pas lorsqu'on ajoute *simultanément les sels et le sucre*, la croissance étant cette fois presque normale (comparer courbes 3 et 2). Dans tous les cas, l'effet est plus marqué chez les mâles que chez les femelles.

Ajoutons que, pour des rations plus compliquées (son + caséine + beurre), le principal effet du déséquilibre causé par l'addition, soit des sels seuls, soit du sucre seul, se fait sentir, non plus sur la croissance, mais sur les fonctions de reproduction.

II. De l'examen du tableau, il ressort : *a.* que le degré de croissance n'est pas proportionnel à la valeur énergétique de la ration (valeur théoriquement suffisante dans tous les cas); *b.* que ce degré serait plutôt (dans les conditions de l'expérience) en rapport avec les proportions relatives des *matières minérales* et des *glucides*, les valeurs moyennes $\frac{1}{9,7}$ et $\frac{1}{7,7}$ semblant être, l'une et l'autre, voisines d'un *optimum*. Ces recherches confirment les vues de l'un de nous (¹) sur l'extension qu'il convient de donner à la *notion des équilibres alimentaires*, car elles prouvent que, s'il est utile de tenir compte des rapports entre éléments minéraux (entre Ca et P, par exemple) ou entre substances énergétiques (entre matières azotées et matières non azotées, par exemple, relation nutritive des auteurs), il est non moins important d'étudier de très près *les rapports existant entre les substances minérales et les divers principes énergétiques des rations.*

(¹) Mme L. Randoin et H. Simonnet, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 963, et 179, 1924, p. 700 et 1219.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'application de la méthode nomographique à l'étude des phénomènes respiratoires dans le sang.* Note (1) de M. **L.-J. Henderson**, présentée par M. d'Ocagne.

J'ai précédemment fait usage de la méthode nomographique des points alignés pour représenter les résultats obtenus au cours de recherches sur le

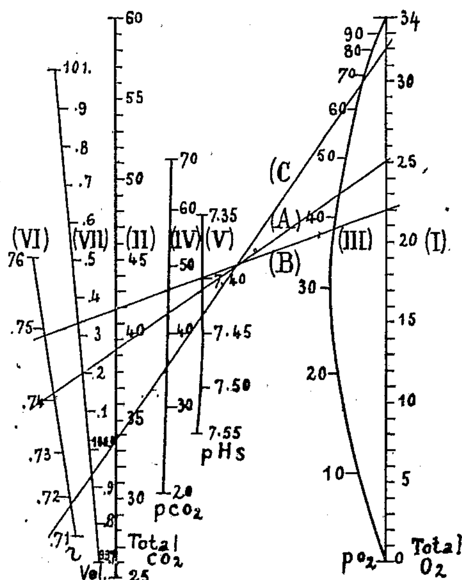


Fig. 1.

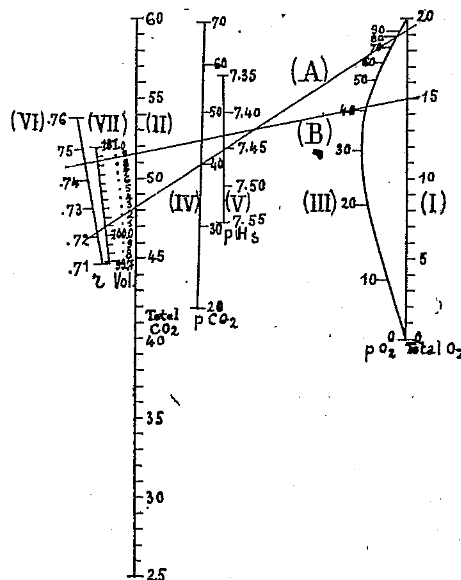


Fig. 2.

(Réduction au 1/6 des nomogrammes effectivement construits.)

Échelle I. — Oxygène total (volume pour 100).
» II. — Acide carbonique total (volume pour 100).
» III. — Oxygène libre (pression en millimètres de mercure).
» IV. — Acide carbonique libre (pression en millimètres de mercure).
» V. — Alcalinité du plasma (pression en PH de mercure).
» VI. — Rapport arithmétique de la concentration des anions dans les corpuscules et dans le plasma.
» VII. — Volume relatif des corpuscules (pour 100).

Alignement A. — Composition du sang artériel.
» B. — » » veineux (repos ou travail modéré).
» C. — » » pulmonaire oxygéné.

cycle respiratoire, poursuivies avec la collaboration de MM. A.-V. Bock, H. Field et J.-L. Stoddard. Depuis lors, je me suis proposé d'appliquer la

(1) Séance du 22 juin 1925.

même méthode à la pathologie et à la zoologie comparée. C'est, au cours de ces nouvelles recherches que j'ai notamment pu construire le nomogramme faisant l'objet de la présente Note, qui représente à la fois les propriétés physico-chimiques et les phénomènes circulatoires relatifs à un individu affecté d'une malformation congénitale du cœur se traduisant par le fait qu'une partie du sang ne passe pas par les poumons.

Ce nomogramme, dont la figure 1 est une réduction, rapproché de celui de la figure 2 qui se rapporte à un individu normal, fait, en quelque sorte, sauter aux yeux les différences qui s'accusent de l'un à l'autre dans la composition du sang et dans le cycle des phénomènes respiratoires.

C'est, croyons-nous, un premier exemple de méthode biologique comparée, rendue rationnelle à l'aide de la nomographie. L'examen comparatif des deux nomogrammes conduit, en effet, immédiatement aux deux ordres d'observation que voici :

1° Au point de vue qualitatif, l'analogie évidente des deux nomogrammes, sous le rapport de leur structure d'ensemble, fait ressortir les lois générales qui régissent les phénomènes respiratoires du sang ;

2° Au point de vue quantitatif, les différences qui apparaissent d'un nomogramme à l'autre, dans la grandeur et la disposition des échelles, rendent sensibles les adaptations particulières de ces lois aux diverses conditions anatomiques.

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Poussée testiculaire autonome à l'intérieur des greffons ovariens autoplastiques chez la Poule domestique*. Note de MM. **Caridroit** et **Pézard**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

En 1922, Pézard a fait connaître le cas de deux Poules Faverolles âgées dont l'ovaire déficient présentait latéralement des cordons épithéliaux à fonction endocrinienne mâle. Il émit l'hypothèse que leur production avait été hâtée par une ablation partielle de l'ovaire effectuée quelques années auparavant ([1]). Dans la suite, Pézard et Caridroit retrouvaient des formations semblables mais plus tubulaires à l'intérieur de l'ovaire chez une Poule gynandromorphe ([2]). D'autre part. Crew a publié une observation

([1]) A. Pézard, *Modifications périodiques et définitives des caractères sexuels secondaires chez les Gallinacés* (*Ann. Sc. nat. Zoologie*, 10e série, 5, 1922, p. 83-104).

([2]) A. Pézard et F. Caridroit, *Les modalités du gynandromorphisme chez les Oiseaux* (*Comptes rendus*, 171, 1923, p. 615-618).

intéressante relative à une Poule Buff Orpington, laquelle, après avoir pondu durant trois années, s'est transformée en Coq fertile, capable de féconder les œufs d'une Poule vierge. A l'autopsie, Crew notait une déficience ovarienne de cause tuberculeuse, et le développement du tissu séminal, corrélatif selon lui (¹).

Depuis 1923, nous avons poursuivi une analyse *expérimentale* de ce phénomène que nous avons pu reproduire d'une façon précise et dont nous avons pu sérier les premiers stades. Nous avons utilisé pour cela le procédé des greffes ovariennes autoplastiques, en opérant avec des quantités glandulaires minimes. Aujourd'hui, les autopsies ou les laparatomies portant sur cinq sujets, de même, les signes extérieurs certains que présentent quatre Poules en observation, nous permettent d'affirmer et de généraliser la possibilité de l'inversion sexuelle glandulaire des Gallinacés femelles adultes.

N° 1. *Poule* 140. *Race Leghorn doré.* — Ovariectomisée à 5 mois. Greffe ovarienne autoplastique le jour même. Le sujet reprend, après déplumage local, le plumage de la Poule. Greffon prélevé deux mois après.

Examen histologique du greffon. — Épithélium ovarique très net. Follicules présents, les uns atrésiés, les autres normaux présentant les premières phases de la vitellogenèse. Stroma conjonctif abondant, très vascularisé, rempli de cellules *disposées en cordons* perpendiculaires à la surface de l'ovaire et dérivant, semble-t-il, d'un bourgeonnement de l'épithélium. Aucune mitose dans ces cordons.

N° 2. *Poule* 138. *Race Leghorn doré.* — Ovariectomisée à 5 mois. Greffe ovarienne autoplastique. Demi-déplumage suivi de la poussée d'un plumage mâle. A la mue suivante, le sujet reprend le plumage femelle, mais la crête devient rouge, épaisse et turgescente. Laparatomie exploratrice effectuée 13 mois après l'opération.

Examen histologique du greffon. — Épithélium ovarique normal, parfois un peu épaissi. Follicules à tous les stades du développement et même œufs mûrs; de même, follicules en dégénérescence, les uns suivant le mode atrésique, les autres suivant le mode kystique. Stroma abondant, présentant dans une région une masse de *tubes séminifères* au stade embryonnaire : petites cellules épithéliales à l'exclusion des grandes cellules ou spermatogonies primitives. Enfin, autour des follicules, dans la thèque interne : cellules claires, chargées de graisse (cellules à lutéine de Boring et Pearl).

(¹) Crew, *Sex Reversal in the Fowl* (*Proc. of the Roy. Soc.*, 95, 1923, p. 256-278).

Nous retrouvons également ces cellules à la périphérie du stroma où elles s'alignent en travées normales à la paroi.

N° 3. *Poule* 112. *Race Leghorn doré.* — Ovariectomisée à 2 mois. Greffe ovarienne autoplastique en plusieurs transplants. Les caractères femelles du plumage persistent, mais un an après, la crête grandit (110 × 55) et devient rouge, épaisse, turgescente. Laparatomie et ablation du greffon 17 mois après l'opération. Elle est immédiatement suivie de la régression de la crête (75 × 37) et de l'acquisition du plumage mâle.

Examen histologique des greffons. — Structure assez semblable à celle du n° 2, mais aucune cellule claire dans la thèque interne des follicules; quelques îlots, encore visibles dans le stroma, dégénèrent. Par contre, nous distinguons des cordons épithéliaux qui, partant de l'épithélium ovarique, s'enfoncent, en le refoulant, dans le stroma sous-jacent, s'isolent et *s'organisent en tubes séminifères embryonnaires.* Nombreuses mitoses dans les cordons et dans les tubes. Enfin, entre ces tubes, pas de cellules interstitielles, au sens précis du terme, mais du tissu conjonctif et des cellules d'origine épithéliale.

N° 4. *Poule* 124. *Race Leghorn dorée.* — Ovariectomisée à 4 mois. Greffe ovarienne autoplastique. Demi-déplumage et poussée immédiate du plumage mâle. Dans la suite, retour au plumage femelle, mais modifications masculines de la crête. Laparatomie et ablation du greffon 13 mois après l'opération : régression de la crête et reprise du plumage mâle. La structure du transplant nous fournit les mêmes enseignements que le n° 3; mais il existe très peu de follicules, d'autre part; *les cordons séminifères occupent presque la totalité de l'organe;* enfin, les pseudo-cellules à lutéine ont complètement disparu.

N° 5. *Poule* 284. *Race Sebright doré.* — Ovariectomisée à 4 mois. Greffe autoplastique ovarienne sur le rein. Apparition de lancettes après déplumage dorsal, puis retour au plumage normal. Trois mois après, nous enlevons le nodule pédicule, demeuré accolé au rein : sa structure est semblable à celle du n° 3.

Conclusion. — La réduction de la masse ovarienne chez la Poule adulte et notamment la diminution du nombre des ovules fait apparaître, dans le tissu restant, une structure testiculaire embryonnaire. Le processus le plus clair de cette transformation paraît consister dans une néoprolifération de l'épithélium ovarique ([1]).

([1]) Nous revenons ici à une opinion un peu différente de celle que nous avons exposée antérieurement, pensant alors que les tubes nouveaux avaient toujours comme origine les cordons médullaires indifférents : voir Pézard, Sand, Caridroit, *L'hermaphrodisme expérimental et le non-antagonisme des glandes sexuelles* (*C. R. Soc. Biol., Paris*, 92, 1925, p. 427).

Celui-ci produit, vers l'intérieur de l'organe, des cordons cellulaires qui s'organisent bientôt en tubes. Dans nos expériences, l'évolution de la crête a pu se produire en présence de ces formations nouvelles et indépendamment des éléments habituels : lignée séminale, tissu sertolien ou cellules interstitielles différenciées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les produits de la fixation de l'azote atmosphérique par l'*Azotobacter agile. Note (¹) de MM. **S. Kostytschew** et **A. Ryskaltchouk**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La nature des produits primaires de l'assimilation de l'azote moléculaire par les microbes du genre *Azotobacter* n'a pas encore été élucidée par des méthodes expérimentales. Bonnema (²) suppose que la fixation de l'azote atmosphérique n'est point un phénomène biologique, mais une réaction d'oxydation purement chimique de l'azote, due à la présence du fer. On sait pourtant que les hypothèses de ce genre ne sont plus soutenables, vu que la fixation vitale de l'azote n'est plus à contester. La plupart des auteurs contemporains affirment que la fixation de l'azote par l'*Azotobacter* n'est autre chose qu'une oxydation biologique, dont le produit pourrait être HNO^3 ou bien HNO^2 (³). Stoklasa (⁴) admet que l'*Azotobacter* transforme l'azote moléculaire directement en acide cyanhydrique, HCN. Certains auteurs présument que l'*Azotobacter* combine l'azote directement avec des substances organiques ternaires et construit par ce procédé des acides aminés (⁵). Cette dernière manière de voir est invraisemblable *a priori*, car on ne connaît pas de pareilles réactions dans la chimie.

Nos études ont été accomplies avec une race très active d'*Azotobacter agile*, isolée d'une terre grasse de Pétersbourg. Les rendements de l'azote total dépassaient souvent 20^{mg} pour 1^{g} de sucre consumé et pourraient être au besoin encore augmentés. Ce microbe a été cultivé à 25° dans une étuve

---

(¹) Séance du 2 juin 1925.

(²) Bonnema, *Chem. Zeit.*, 27, 1903, p. 27 et 825.

(³) Gautier et Drouin, *Comptes rendus*, 106, 1888, p. 160; 113, 1891, p. 820; *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 7-8, 1892, p. 53. — Loew et Aso, *Bull. of Coll. of agric. Tokyo*, 7. — Bonazzi, *Journ. of Agric. Res.*, 44, 1915; *Journ. of Bact.*, 6, 1921, p. 331.

(⁴) Stoklasa, *Centralbl. f. Bakter.*, 2e série, 21, 1908, p. 484.

(⁵) Gerlach et Vogel, *Centr. f. Bakt.*, 2e série, 9, 1902, p. 817 et 880. — Heinze, *Ibid.*, 12, 1904, p. 43. — Lipman, *New-Jersey Stat. rep.*, 24, 1903, p. 217; 25, 1904, p. 237; 26, 1905, p. 254.

éclairée, car nous avons trouvé, en concordance avec M. Kayser [1], que la lumière directe favorise la production des substances azotées dissoutes dans le liquide de culture. Ce dernier était composé de : H^2O 100$^{cm^3}$; K^2HPO^4 0^g,05; $MgSO^4$ 0^g,05; NaCl 0^g,05; $CaCO^3$ 0^g,02; $Fe^2(SO^4)^3$ 0^g,02; Al^2O^3 0^g,01; mannite ou glucose 2-4^g. L'épaisseur du liquide ne dépassait point 3^{mm}.

Nonobstant l'extrême sensibilité des méthodes dont nous nous sommes servis dans le cours de nos nombreuses expériences, nous n'avons jamais constaté une production de l'acide nitrique, de l'acide nitreux ou de l'urée (méthode de Fosse), mais nous avons réussi à démontrer que la totalité des substances azotées en solution dans le liquide des cultures suffisamment jeunes est représentée par l'ammoniaque et les substances aminées. On a dosé l'azote ammoniacal après avoir distillé le liquide de culture sous pression réduite et à 35° en présence de CaO. L'azote aminé a été évalué par la méthode de van Slyke [2]. Voici quelques chiffres qui peuvent illustrer nos résultats.

Solution mannitique. — Les ballons témoins ont été placés dans l'étuve sans avoir été ensemencés.

N° 1. Trois ballons 300$^{cm^3}$: N en solution, 10^{mg},7; N de NH^3, 4^{mg},9; N aminé, 6^{mg},5. Ballons témoins : N total, 1^{mg},3.

N° 2. Quatre ballons 400$^{cm^3}$: N en solution, 13^{mg},4; N de NH^3 12^{mg},4. Ballons témoins : N total, 1^{mg},7.

N° 3 (400$^{cm^3}$) : N total, 67^{mg},1, N en solution, 9^{mg},7; N de NH^3, 5^{mg},2, N aminé, 4^{mg},7. Ballons témoins : N total, 2^{mg}.

N° 4 (300$^{cm^3}$) : N total 47^{mg},1, N en solution, 7^{mg},9; N de NH^3, 2^{mg},1; N aminé, 5^{mg},9. Ballons témoins : N total, quantité inappréciable.

Nous avons constaté que l'*Azotobacter* ne produit point d'ammoniaque aux dépens de la peptone (c'est-à-dire des groupes aminés) si l'alimentation hydrocarbonée ne fait pas défaut. Ce fait est digne d'attention, car il montre que la production de l'ammoniaque dans nos expériences citées ci-dessus ne saurait être interprétée comme le résultat d'une décomposition des matières protéiques des cellules mortes. Voici quelques résultats des expériences sur un milieu riche en peptone.

N° 5. Liquide de culture avec glucose à 2 pour 100 et peptone à 1 pour 100.

---

(1) E. Kayser, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 969; 172, 1921, p. 183, 491 et 939.

(2) D. van Slyke, *Journ. of Biol. Chem.*, 9, 1911, p. 185; *Abderhalden's Handb. d. biochem. Arbeitsmeth.*, 6, 1912, p. 278.

100^{cm^3} : N total, $136^{mg},1$; N de NH^3, $1^{mg},7$. Ballons témoins : N total, $133^{mg},1$; N de NH^3, quantité inappréciable.

N° 6. Même liquide contenant une autre préparation de peptone, purifiée de l'azote ammoniacal. 100^{cm^3} : N total, $103^{mg},2$; N de NH^3, 0^{mg}. Ballons témoins : N total, $99^{mg},0$; N de NH^3, 0^{mg}.

On voit que la fixation de l'azote est relativement très faible en présence d'une grande quantité de peptone.

Nos expériences multipliées prêtent un appui à la conclusion que l'*Azotobacter* construit de l'ammoniaque par une réduction directe de l'azote moléculaire. Ce procédé nécessite une action de ferments réducteurs très puissants, car il est identique à la méthode industrielle de Haber [1], qui invoque l'emploi de hautes températures, de hautes pressions et de catalyseurs métalliques. L'*Azotobacter* utilise ensuite l'ammoniaque pour la construction des acides aminés. La réduction des nitrates par les moisissures donne les mêmes produits [2].

Il est curieux de signaler que la synthèse de l'ammoniaque n'a jamais été supposée chez l'*Azotobacter*. Cette hypothèse a été émise seulement par Winogradsky [3] à propos de la fixation de l'azote par le *Clostridium Pasteurianum*, microbe anaérobie qui est le sujet de nos études au moment actuel.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les réactions colorées du tryptophane avec les aldéhydes*. Note de M. A. **Blanchetière**, présentée par M. Desgrez.

M. Romieu [4] a signalé récemment que l'acide phosphorique sirupeux réagit sur certains protides, à 52°, en fournissant une coloration d'abord rouge rubis, qui vire ensuite au violet. Cet auteur aurait, en outre, obtenu une coloration identique avec le tryptophane, mais n'aurait rien obtenu de semblable avec les protides dépourvus de cet amino-acide.

En opérant comme l'indique Romieu, il m'a été impossible d'obtenir la réaction, en traitant une quantité de tryptophane *pur* de l'ordre du demi-

---

(1) F. Haber et Le Rossignol, *Zeitschr. f. Electrochem.*, 19, 1913, p. 53; Haber et Van Oordt, *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, 44, 1905, p. 342.

(2) S. Kostytschew et E. Tswetkowa, *Journal de la Société botanique de Russie*, 7, 1922, p. 22, avec un résumé en français.

(3) S. Winogradsky, *Comptes rendus*, 116, 1893, p. 1385; 118, 1894, p. 353.

(4) M. Romieu, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 875-877.

milligramme par 2$^{cm^3}$ de PO^4H^3 sirupeux. Je n'ai pu constater autre chose qu'une coloration jaune paille banale, avec légère fluorescence verte. Un autre facteur doit donc intervenir.

Or on sait qu'Udransky [1] a signalé la réaction du tryptophane avec les sucres et a admis qu'elle provient de la condensation de cet amino-acide avec le furfurol formé aux dépens de l'hydrate de carbone par action de l'acide. La réaction s'obtient, en effet, facilement en traitant le tryptophane par PO^4H^3, en présence de *très faibles quantités* des corps suivants : glucose, lévulose, galactose, saccharose, raffinose, glycogène glucosamine, arabinose. L'aldéhyde qui réagit se condense avec le pyrogallol, en présence de PO^4H^3, en fournissant la coloration grenadine que Fearon [2] regarde comme caractéristique de l'acide glyoxylique. Le méthanal et le furfurol fournissent des colorations analogues, bien que moins intenses. La réaction de Romieu n'est donc, en somme, qu'une réaction d'Adamkiewicz obtenue en présence d'acide phosphorique.

La substitution de PO^4H^3 à SO^4H^2, comme agent de condensation, a d'ailleurs été signalée par Fearon. Cet acide fournit d'excellents résultats avec tous les aldéhydes couramment employés pour la détection du tryptophane. Les aldéhydes aromatiques fournissent, en général, des colorations beaucoup plus brillantes que les aldéhydes aliphatiques. Parmi les premiers, la *p*-diméthylaminobenzaldéhyde et la vanilline donnent des colorations particulièrement intéressantes.

La *p*-diméthylaminobenzaldéhyde fournit, au bout de quelques instants, à froid, une coloration rose qui n'augmente guère d'intensité, le mélange porté au bain-marie vire au violet et enfin au bleu franc, si l'on prolonge le chauffage.

La réaction à la vanilline, de Steensma [3], coloration violette d'une très grande intensité, s'obtient très facilement en présence de PO^4H^3 et paraît particulièrement intéressante : 1° par son intensité, qui la rend positive avec des quantités de tryptophane inférieures au centième de milligramme dans la prise d'essai ; 2° par sa stabilité : le pigment formé n'a pas encore subi d'altération sensible après 24 heures ; 3° parce que la solution phosphorique colorée peut être diluée avec de l'eau sans altération de la teinte. La réaction de Steensma, en présence de PO^4H^3, paraît donc particulièrement

(1) UDRANSKY, *Zeit. Physiol. Chem.*, 12, 1888, p. 392.
(2) W.-R. FEARON, *Biochem. Jour.*, 14, 1920, p. 548-564.
(3) F.-A. STEENSMA, *Zeit. Phys. Chem.*, 47, 1906, p. 25.

susceptible d'application au dosage colorométrique du tryptophane dans les produits biologiques.

Ces diverses réactions se produisent plus lentement en présence de PO^4H^3 qu'en présence de SO^4H^2 à 50 pour 100 ou de HCl, mais les colorations formées sont de tonalité plus pure et les mélanges moins sujets à se troubler. L'emploi de PO^4H^3 paraît donc avantageux, surtout dans les déterminations quantatives. La spécificité est la même en présence de PO^4H^3 qu'en présence des deux autres acides; les colorations bleue ou violette n'ont été obtenues en présence d'aucun des amino-acides suivants : glycine, alanine, valine, leucine, phénylalanine, tyrosine, acides aspartique et glutamique, sérine, proline, cystine et histidine.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur un nouveau cas d'inversion des effets adrénaliniques.* Note [1] de M. **Raymond Hamet**, présentée par M. Charles Richet.

L'inversion de l'action de l'adrénaline sur la pression sanguine n'a été obtenue jusqu'ici qu'avec certaines substances, d'ailleurs mal définies, existant dans l'ergot. Dale qui a, le premier, décrit ce phénomène a employé d'abord certains produits complexes, puis l'ergotoxine de Barger et Carr, mais, pour des raisons probablement commerciales, il s'est refusé à procurer une quantité même minime de cet alcaloïde aux expérimentateurs désireux de contrôler ses affirmations. L'ergotamine de Stoll inverse bien les effets de l'adrénaline, mais on ne peut l'obtenir que sous sa forme industrialisée de solution injectable isotonisée. Quant à l'ergotinine de Tanret, on la considère [2], à tort peut-être, comme physiologiquement inactive.

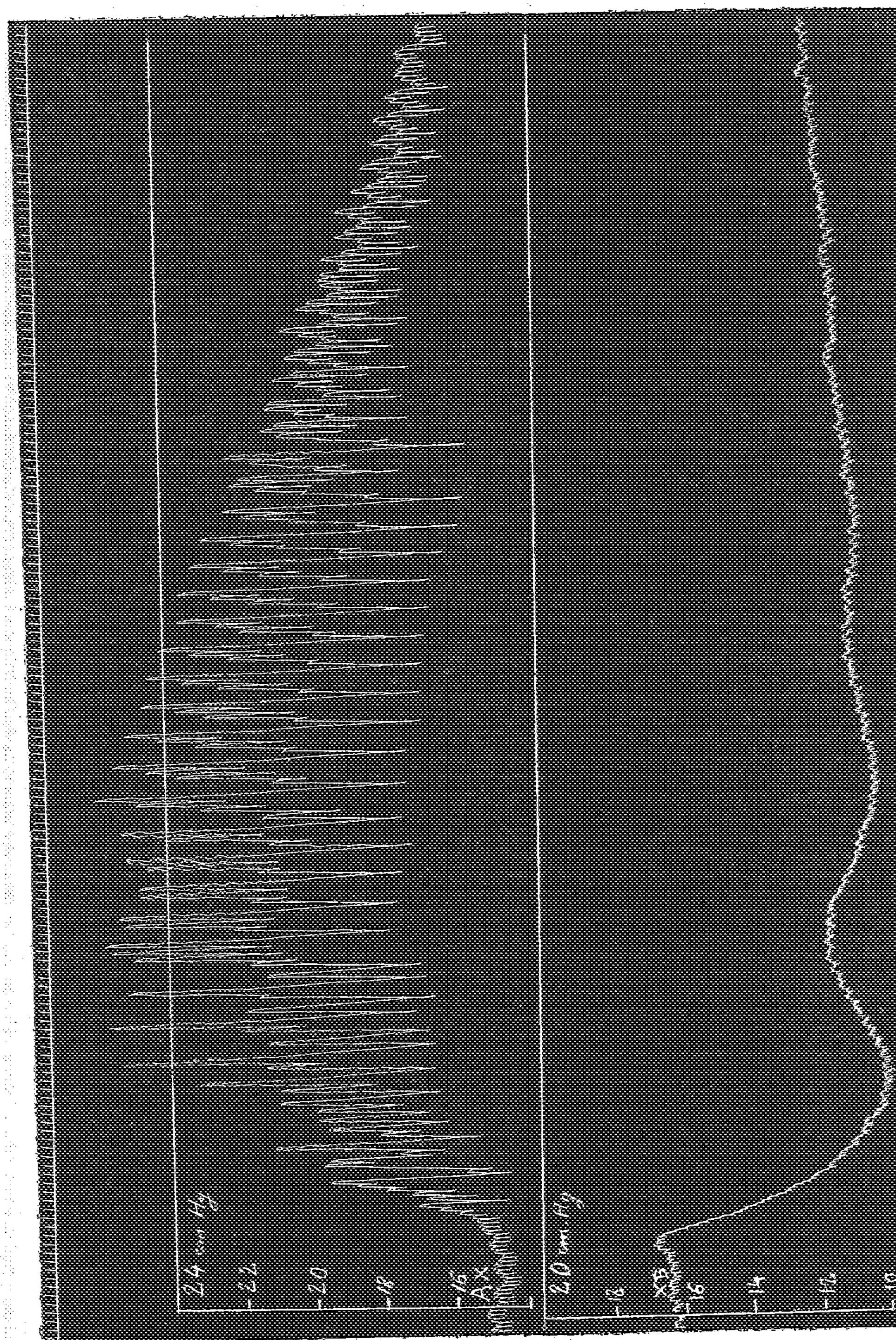
Au cours de mes recherches sur la yohimbine j'ai constaté que l'hypotension provoquée par cet alcaloïde est nettement augmentée quand on injecte en même temps une quantité déterminée d'adrénaline. Cela me surprit d'autant plus que, pour Filippi qui a étudié la yohimbine, *la « pressione abbassata dalla yohimbina ... aumenta in seguito a propinazione di adrenalina »* [3]. Mais c'est là une assertion erronée; j'ai constaté, en effet, que

---

[1] Séance du 22 juin 1925.

[2] Cronyn et Henderson, *Journ. of Pharmacology*, 1, 1909, p. 204. — Rothlin, *Arch. internat. de Pharmacodynamie*, 27, 1923.

[3] Filippi, *Archiv. di farmacol. sperimentale*, 23, 1917, p. 122 et fig. 2.



En A, injection chez un chien chloralosé de 5/100e de milligramme de chlorhydrate d'adrénaline.
En B, injection de 5/100e de milligramme de chlorhydrate d'adrénaline, chez le même chien mais après administration intraveineuse de $0^{mg},5$ de chlorhydrate de yohimbine Güstrow par kilogramme d'animal.

si, dans la saphène d'un chien chloralosé, ayant ses vagues intacts ou sectionnés et dans ce dernier cas soumis à la respiration artificielle, on injecte d'abord une dose de chlorhydrate de yohimbine pur de Güstrow équivalant à environ $0^{mg},5$ par kilogramme, puis une quantité ($\frac{5}{100}$ de milligramme) de chlorhydrate d'adrénaline suffisante pour provoquer normalement une très forte hypertension, on voit après cette seconde injection la pression tomber brusquement d'environ 6^{cm} de mercure et ne remonter que lentement à son niveau antérieur ([1]). Après injection de $\frac{1}{10}$ de milligramme de yohimbine par kilogramme, l'hypertension adrénalinique persiste, mais réduite environ de moitié; après injection de $\frac{1}{5}$ de milligramme par kilogramme l'hypertension adrénalinique est presque totalement supprimée.

Si l'on admet, avec les cliniciens ([2]), que l'adrénaline, substance amphotrope à prédominance sympathique, n'excite dans certains cas que le parasympathique, on est tenté de croire que, la yohimbine paralysant le sympathique et excitant le parasympathique, l'adrénaline ne peut agir sur l'animal yohimbiné que comme parasympathicotrope. Mais cette explication est contredite par une expérience décisive : Si, sur un chien yohimbiné, ayant un pneumogastrique coupé, on injecte une quantité de sulfate d'atropine suffisante pour que l'excitation électrique du bout périphérique de ce pneumogastrique reste sans effet, on constate que, malgré la paralysie du parasympathique ainsi réalisée et constatée, l'adrénaline agit cependant comme précédemment.

La seule explication de ce phénomène qui s'accorde avec tous les faits observés est que, comme l'ergotamine, la yohimbine ne paralyse que la partie motrice du sympathique. Quoi qu'en pense Trendelenburg ([3]), ce n'est point là une hypothèse prématurée, car plusieurs physiologistes français (Morat et Dastre, François Franck, Laignel-Lavastine) ont depuis longtemps démontré que le sympathique émet des fibres, les unes vasoconstrictrices, les autres vaso-dilatatrices.

([1]) Sur le chien yohimbiné sur lequel l'adrénaline ne provoque plus que de l'hypotension, le chlorure de baryum reste hypertenseur. Quant à l'extrait hypophysaire je ne sais encore si chez l'animal yohimbiné il se montre hypo- ou hypertenseur car l'extrait Choay, le seul dont je disposais, provoque même chez l'animal normal une chute brusque et profonde de la pression sanguine.

([2]) DANIELOPOLU, *Presse médicale*, 33, 1925, p. 657.

([3]) TRENDELENBURG in HEFFTER, *Handbuch d. experimentellen Pharmakologie*, II-2, Berlin, 1924, p. 1162.

Avant le Mémoire d'ensemble que je prépare sur cette question, je crois pouvoir énoncer les conclusions suivantes :

I. La yohimbine — qui, contrairement aux principes physiologiquement actifs de l'ergot, est bien définie, peu coûteuse et peu toxique, donne naissance à des sels stables et a enfin une action durable — est particulièrement adéquate à l'étude de l'inversion des effets adrénaliniques et de la dissociation du sympathique moteur et du sympathique inhibiteur.

II. L'existence de vaso-dilatateurs sympathiques étant bien démontrée pharmacodynamiquement, on doit admettre qu'outre l'antagonisme sympathique-parasympathique, il existe un antagonisme sympathique moteur-sympathique inhibiteur qui semble avoir échappé à beaucoup de cliniciens.

TOXICOLOGIE. — *Étude de la dissociation des sels de narcotine et des conditions optima d'extraction de cet alcaloïde en toxicologie.* Note de M. **René Fabre** et M[lle] **E. Parinaud**, présentée par M. L. Guignard.

La narcotine présente un intérêt particulier en toxicologie dans l'étude des empoisonnements par les opiacés. Or on sait que cet alcaloïde est une base faible, dont fort peu de sels ont pu être isolés, en raison de leur facile dissociation. C'est pourquoi au cours des traitements suivant la méthode classique de Stass-Otto, la base est enlevée, pour la majeure partie, à ses solutions aqueuses acides, par agitation avec les solvants organiques.

Désirant réaliser les meilleures conditions d'extraction de la narcotine des viscères, nous avons étudié la variation de la dissociation de ses sels, suivant la concentration des solutions et la nature de l'acide employé pour salifier cet alcaloïde.

Nous avons, dans ce but, déterminé le P_H des solutions de sulfate et de chlorhydrate de narcotine. Les résultats que nous avons obtenus sont consignés au tableau ci-dessous :

Concentration de la solution.	Chlorhydrate.	Sulfate.
1/200	3,1	3,7
1/400	3,2	3,9
1/800	3,3	4,1
1/1600	3,5	4,5
1/3200	4,0	4,7
1/6400	4,3	5,4
1/12800	4,5	5,95
1/25600	4,7	6,3

Le chlorhydrate étant plus dissocié que le sulfate à égalité de concentration, il semble que l'épuisement par un solvant organique approprié des solutions de sels de narcotine sera plus rapide dans le premier cas que dans le second. C'est ce qu'a démontré l'expérience, en utilisant comme solvants le chloroforme, l'éther et le benzène, l'extraction étant effectuée au moyen de l'appareil à épuisement continu de Fayolle et Lormand. L'opération a été poursuivie pendant deux périodes successives de 6 heures; les solutions extractives, après dessiccation sur le sulfate de soude anhydre et distillation, ont fourni des résidus cristallisés, dont les poids sont inscrits au tableau suivant :

Quantité de narcotine mise en œuvre :
0g,05 *en solution dans* 125^{cm^3} *de solution acide* $\frac{N}{1000}$.

	Alcaloïde à l'état de					
	chlorhydrate.			sulfate.		
	$CHCl^3$.	$(C^2H^5)^2O$.	C^6H^6.	$CHCl^3$.	$(C^2H^5)^2O$.	C^6H^6.
1er épuisement de 6 heures.	0g,047	0g,044	0g,041	0g,043	0g,043	0g,034
2e épuisement de 6 heures.	0g,002	0g,004	0g,004	0g,002	0g,004	0g,012

Ces résultats montrent que le chloroforme est le meilleur solvant et le benzène le moins bon, dans les conditions opératoires indiquées. Il est toutefois possible d'extraire la totalité de la narcotine dans les trois cas, à condition de prolonger suffisamment l'épuisement. La détermination du P_H de la liqueur permet de suivre la marche de l'opération : c'est ainsi que la solution de sulfate de narcotine présentait un P_H de 3,9 au début, de 3,2 après 3 heures d'épuisement par le chloroforme, et de 3 après 6 heures, lorsque l'extraction était sensiblement terminée. Or ce P_H de 3 correspond à celui de la solution sulfurique $\frac{N}{1000}$ employée.

Notons en outre qu'à une dilution 10 fois plus grande (0g,05 pour 1000), l'opération est terminée également dès les 6 premières heures.

L'acide tartrique étant fréquemment utilisé pour la recherche des alcaloïdes par la méthode de Stass-Otto, nous avons étudié l'extraction de la narcotine de ses solutions tartriques.

Pour obtenir une dissolution complète, nous avons dû employer une quantité d'acide double de la quantité théoriquement nécessaire à la neutralisation de la narcotine. Dans ce cas encore, le chloroforme est le meilleur solvant, mais l'épuisement est beaucoup plus lent. En nous plaçant dans les mêmes conditions que précédemment, nous avons obtenu le résultat ci-après :

Quantité de narcotine mise en œuvre :

$0^g,05$ *dissous dans* 125^{cm^3} *de solution acide* $\frac{N}{500}$.

	$CHCl^3$.	$(C^2H^5)^2O$.	C^6H^6.
Premier épuisement de 6 heures.........	$0^g,039$	$0^g,033$	$0^g,031$
Deuxième épuisement de 6 heures.......	$0^g,008$	$0^g,014$	$0^g,017$

Dans les mêmes conditions de concentration d'acide, une solution sulfurique de narcotine à un titre identique avait abandonné $0^g,046$ d'alcaloïde au chloroforme en 6 heures. En solution tartrique, l'épuisement doit donc être poursuivi pendant 12 heures pour être sensiblement quantitatif. Le P_H des solutions de tartrate et de sulfate était respectivement de 3,7 et de 2,9.

En résumé, il est possible d'extraire la totalité de la narcotine des solutions de ses sels, par suite de la dissociation notable de ceux-ci en effectuant un épuisement continu dans les conditions que nous avons précisées.

BIOLOGIE. — *Sur la pression de la matière vivante dans la biosphère.* Note de M. **Vernadsky.**

L'ensemble des organismes, c'est-à-dire la matière vivante [1], se trouve en mouvement incessant dans la biosphère, s'y répand sans interruption par sa reproduction. Ce mouvement est indépendant des mouvements des organismes isolés, il est parfaitement analogue aux mouvements d'autres ensembles matériels de la biosphère. Il existe par suite une profonde analogie entre quelques propriétés des gaz (ensembles des molécules) et des matières vivantes (ensembles des organismes) [2], et une pression de la matière vivante correspond à la pression d'une masse gazeuse.

L'étude des phénomènes de la reproduction montre que cette pression de la matière vivante peut être exprimée d'une façon qui permet une *comparaison quantitative des différents organismes* sans tenir compte de leurs innombrables différences morphologiques et des variations infinies de leur reproduction. Cette pression présente une constante caractéristique pour chaque espèce. Les pressions des différentes matières vivantes peuvent

(1) W. Vernadsky, *La géochimie*, 1924 (Alcan), p. 52.

(2) W. Vernadsky, *loc. cit.*, 1924, p. 264.

être réduites à une même unité. L'amplitude des variations atteint 3×10^{29} (bactérie-géante) [1].

On peut exprimer la reproduction (multiplication par division) de nombreux protistes (bactéries, Pyridinées, Ciliées, algues unicellulaires, etc.) par la formule suivante :

$$2^{n\Delta_d} = N_n, \qquad (1)$$

où n représente le nombre de jours (24 heures) qui suivent la première division); Δ_d le nombre des divisions de la cellule initiale (générations) en 24 heures; N_n le nombre des individus formés par la division de la cellule initiale et de sa progéniture en n journées de 24 heures.

La constante α_d égale à $2^{\Delta_d} - 1$ peut être prise comme mesure de la pression de la matière vivante dans la biosphère. Le tableau suivant donne une idée de sa variabilité.

	Valeur de α_d.	
BACTÉRIES :		
Bacterium coli commune	$5,04 \times 10^{19}$	Buchner, 1888 [2]
CHAMPIGNONS :		
Saccharomyces cerevisiæ	$6,45 \times 10^{5}$	Slatov, 1919
DIATOMÉES :		
Nitzschia putrida	26,86	Richter, 1909
CILIÉES :		
Paramecium caudatum	1,14	Metalnikov, 1922
INSECTES :		
Aphis mali	$1,35 \times 10^{-1}$	Tougard, 1834
Doryphora decemlineata	$4,76 \times 10^{-2}$	Brandt, 1879
PLANTES VERTES :		
Solanum nigrum	$2,88 \times 10^{-2}$	Komarov, 1922 [3]
Froment (moyenne de France)	$1,34 \times 10^{-2}$	(Joulie-Garola)
OISEAUX :		
Poule (moyenne)	$4,90 \times 10^{-3} + \dfrac{6,69 \times 10^{-3}}{m}$	Geyelin, 1865 [4]
Poule (maxima)	$5,97 \times 10^{-3} + \dfrac{7,84 \times 10^{-3}}{m}$	Brandt, 1879 [4]
Corpadocus mexicanus frontalis	$4,42 \times 10^{-3} + \dfrac{1,89 \times 10^{-3}}{m}$	Bertgold, 1913 [4]
MAMMIFÈRES :		
Cobaye	$1,53 \times 10^{-2}$	Hensen, 1881
Cheval	$5,48 \times 10^{-4}$	Leukart, 1851
Éléphant	$8,9 \times 10^{-5}$	Darwin, 1859

(1) Bactérie qui se divise toutes les 17 minutes; c'est la plus grande rapidité observée dans la reproduction.

(2) J'ai pris les données de ces savants pour calculer α_d.

(3) Communication particulière.

(4) m, nombre des années après la première génération.

Il est évident que la constante α_d n'est pas la seule qui, par rapport à la reproduction, règle la manifestation géochimique de la vie dans la biosphère. On peut déduire cependant de sa considération des conséquences quantitatives multiples, importantes pour l'étude de la vie.

BIOLOGIE. — *Essaimages d'un Annélide polychète* (Polyophthalmus pictus, *Dujardin*) *observés pendant des pêches à la lumière.* Note de MM. **L. Fage** et **R. Legendre**, présentée par M. Ch. Gravier.

Au cours des pêches à la lumière effectuées à Concarneau, nous avons observé et recueilli à maintes reprises un très grand nombre de *Polyophthalmus pictus*, nageant à la surface. Tous les individus capturés ainsi étaient adultes, remplis de produits sexuels ou déjà vidés.

P. pictus, connu sur toutes nos côtes comme une espèce sédentaire, vit généralement parmi les algues, parfois sur la vase où on le recueille dans les dragages. Jusqu'ici, trois individus seulement avaient été capturés en pêches pélagiques : un à Madère par Langerhans, deux, près de la Sardaigne, par le prince de Monaco sous la lumière du projecteur du bord.

Les essaimages en masses dont nous fûmes témoins en 1923 commencèrent le 17 mai, après la nouvelle lune, et se répétèrent, suivant un rythme que nous allons indiquer, jusqu'au 10 septembre; en 1924, on les retrouva, dans les mêmes conditions, du 13 mai au 18 septembre. De septembre à mai, par contre, les *Polyophthalmus* manquent dans le plancton. Ces dates fixent les limites de l'époque de reproduction de l'espèce à Concarneau. Les rassemblements les plus nombreux et les plus denses eurent lieu les 13 et 21 juillet 1923 et l'on put observer des milliers d'individus; en 1924, les mêmes concentrations se produisirent les 16 juin et 7 août.

Le graphique de nos pêches de 1923, très régulièrement espacées, montre chaque mois un minimum au moment de la pleine lune et un maximum entre la nouvelle lune et le premier quartier, rythme particulièrement marqué de mai à juillet. Les quelques observations faites antérieurement par l'un de nous en Méditerranée, à Banyuls, s'accordent avec les données révélées à Concarneau. Seule, notre pêche du 16 juin 1924 fit exception : des *Polyophthalmus* y furent recueillis en grand nombre, bien que ce fût la veille de la pleine lune, par temps couvert et nuageux il est vrai.

Ce rythme lunaire pose les mêmes problèmes que ceux déjà signalés à propos d'autres polychètes, sans que nous puissions davantage en fournir l'explication.

A chaque essaimage, on assiste aux mêmes phénomènes : les *Polyophthalmus* apparaissent dans le champ éclairé et se rapprochent de la source lumineuse par une nage active et rapide, provoquée par des ondulations de tout le corps qui s'allonge à l'extrême; la partie postérieure, comprimée latéralement et munie de doubles faisceaux de longues soies, agit comme une palette natatoire puissante. Ils s'accumulent progressivement contre les glaces éclairées et rappellent par leurs mouvements les toutes jeunes anguilles qu'on observe, au moment de la montée, à l'embouchure de certains cours d'eau. Les mâles sont toujours beaucoup plus nombreux que les femelles.

Nous avons constamment assisté à une nage très régulière et n'avons pu déceler une phase d'excitation particulière, préliminaire à la fécondation, analogue à la danse nuptiale des Néréidiens. Nous n'avons même pu voir nettement l'émission des produits sexuels au cours de l'essaimage, sans doute en raison de la petitesse des œufs, d'un blanc translucide, elliptiques, mesurant 40^{μ} sur 20^{μ} environ, et tels que les a décrits Claparède. Celle-ci se fait par une paire de gros pores latéraux s'ouvrant chacun au sommet d'une papille saillante, arrondie, située en avant du tubercule sétigère du neuvième segment, un peu au-dessus de l'œil latéral correspondant. Ces pores, très apparents chez les individus mûrs, font communiquer les cavités latérales du corps et, par l'intermédiaire de celles-ci, la cavité dorsale, avec l'extérieur. Leur localisation s'explique par la présence à ce niveau d'un complexe organique (oreillettes latérales du cœur, cæcums intestinaux) qui entraîne la réduction des muscles obliques soutenant la paroi du corps. La poussée des éléments génitaux détermine une saillie en ce point de moindre résistance et entraîne la rupture de la paroi par où se fait la ponte.

Tous les individus capturés à Concarneau ont 28 sétigères. Ils mesurent en moyenne de 16 à 18^{mm} de long, après fixation dans l'alcool qui les contracte; vivants, en extension, pendant la nage, ils atteignent 3^{cm}. Les mâles sont remarquables par une teinte bleu acier, s'étendant du sixième au vingt et unième segment, qui leur donne un aspect singulier, non encore signalé. On voit sur des coupes qu'elle est due à des granules pigmentaires noirâtres extrêmement nombreux, formés dans les cellules péritonéales et accumulés dans le cœlome. Chez les jeunes et les immatures, de même que chez les femelles mûres, le péritoine est mince, incolore, à cellules aplaties. Seuls, les mâles en voie d'élaboration sexuelle présentent la coloration bleu acier, leur péritoine est considérablement épaissi, surtout au niveau des muscles longitudinaux dorsaux et ventraux, leur cœlome bourré de grains

noirâtres. Ceux-ci n'apparaissent qu'au contact des produits sexuels, d'abord sur les flancs, puis sur le dos; ils se limitent antérieurement au sixième segment où un dissépiment cloisonnant transversalement le cœlome arrête les produits sexuels; ils cessent également à la partie postérieure où d'autres dissépiments existent à partir du vingt-sixième sétigère. Le péritoine assume donc, au moment de la maturation des spermatozoïdes, une fonction d'excrétion qui rappelle celle du corps cardiaque; ce phénomène, déjà signalé chez d'autres polychètes, notamment par Eisig chez certains Capitelliens, n'est nul part aussi intense que chez *Polyophthalmus*, où le péritoine qui tapisse la cavité générale joue à ce moment le rôle d'un vaste rein d'accumulation, tandis que les véritables néphridies restent rudimentaires. Les grains d'excrétion tombés dans le cœlome sont évacués par les pores latéraux qui se forment au moment de l'émission des produits sexuels.

Ajoutons que, parmi les milliers d'exemplaires de Concarneau que nous avons examinés, nous avons trouvé quelques très rares individus *de petite taille*, vidés et à péritoine incolore; ils sont beaucoup plus fréquents dans nos pêches méditerranéennes où nous avons précisément été frappés d'une part de la petite taille des reproducteurs (8 à 9^{mm} dans l'alcool) et, d'autre part, de l'allongement de leurs soies.

THÉRAPEUTIQUE. — *Traitement des tuberculoses externes par un extrait colloïdal des bacilles de Koch.* Note de M. **Arthur Grimberg**, présentée par M. Charles Richet.

Depuis plus de trois ans, nous avons expérimenté dans différents services des hôpitaux de Paris, un traitement des tuberculoses externes par un extrait de bacilles de Koch préparé suivant une méthode spéciale. Il nous paraît important de donner les constatations nouvelles que nous avons pu récemment faire à ce sujet.

Les bacilles de Koch, après avoir été débarrassés de la plus grande partie de leur tuberculine par l'action de la glycérine à chaud et du lavage prolongé par l'eau, sont broyés avec de la limaille de fer dans un champ magnétique suivant un procédé qui nous est personnel. Il en résulte un liquide opalescent qui contient en suspension des débris infiniment petits de corps bacillaires. La petitesse extrême des corpuscules tenus en suspension favorise l'absorbtion de l'antigène. Au cours de nos recherches nous avons pu

constater que, tandis qu'un broyage insuffisant donne un produit qui se résorbe mal ou qui ne se résorbe pas du tout, s'éliminant *in situ* par la formation d'un abcès, le broyage intense des bacilles donne un extrait qui est parfaitement toléré.

Cet extrait est antigéne. Injecté chez les animaux, il provoque la formation des anticorps, et la réaction de fixation devient positive. Il peut servir d'antigène dans la réaction de fixation avec un sérum tuberculeux. Avec ce même sérum, il se produit une précipitation rapide. La toxicité de cet extrait est environ cinq fois plus faible que celle de la tuberculine.

Chez l'homme nous avons pratiqué des injections sous-cutanées et intramusculaires, par des doses progressives allant de $\frac{1}{40}$ de milligramme à 5^{mg} d'extrait bacillaire.

Les réactions qui suivent les injections sont variables. Le plus souvent il n'y a aucune réaction générale. Parfois l'élévation thermique est légère; d'autres fois, plus rarement, la réaction est plus forte et atteint 40°. La durée de la réaction est au plus de 24 heures, généralement moins prolongée.

Le lieu de l'injection reste sensible pendant plusieurs jours. Parfois il reste une petite nodosité sous-cutanée qui peut durer quelques semaines, témoignant d'une résorption plus malaisée. Le foyer de l'infection est le plus souvent d'une plus grande activité pendant les premières injections : la rougeur, la suppuration augmentent; mais au bout de 3 à 4 injections, les phénomènes locaux diminuent le plus souvent et dans les cas heureux finissent par disparaître.

Nous nous sommes appliqué à traiter par cet extrait bacillaire les tuberculoses externes. Nous avons fait quelques essais dans la tuberculose pulmonaire qui ne nous ont pas donné de résultats. Il est toutefois à remarquer que plusieurs malades atteints simultanément de tuberculose chirurgicale et pulmonaire ont vu se fermer la lésion externe, sans que la lésion pulmonaire soit modifiée.

Les injections de notre extrait bacillaire ne doivent être pratiquées qu'avec la plus grande prudence chez les malades présentant un mauvais état général, chez ceux dont la température moyenne dépasse 38° ainsi que chez ceux qui présentent des lésions pulmonaires graves.

Nous avons traité par ce moyen 225 malades, dont la plupart étaient hospitalisés dans les hôpitaux de Paris.

Ces malades se répartissent ainsi :

	Total.	Guérison clinique.	Amélioration.	Échec.
Adénites	63	41	17	5
Ostéo-arthrites non fistulisées	40	25	8	7
Ostéo-arthrites fistulisées	85	39	21	25
Orchi-épididymites	12	7	3	2
Pleuro-péritonites	2	1	1	0
Fistules anales	12	5	2	5
Erythème noueux de Bazin	3	2	1	0
Tuberculides ulcéro-nécrotiques	1	1	0	0
Lupus	7	0	4	3
	225	121	57	47
Pour 100		53,7	26,2	20,1

Ces malades n'ont subi aucun autre traitement.

En résumé, nous avons obtenu plus de 50 pour 100 de guérisons cliniques et 25 pour 100 d'améliorations. Toutefois, pour certaines lésions (adénites, orchites), cette proportion est plus élevée.

L'intérêt de ce mode de traitement réside donc d'une part dans la proportion assez élevée des guérisons cliniques et des améliorations obtenues, d'autre part dans la facilité de son application, sans aucun appareillage spécial, sans déplacement du malade. Celui-ci peut même continuer à vaquer à ses occupations.

BACTÉRIOLOGIE. — *Différenciation des* Paramelitensis *par la floculation sous l'action de la chaleur.* Note de M. **Ét. Burnet**, présentée par M. Roux.

Les faits suivants ont été observés au cours de recherches sur la classification des microbes de l'espèce *Melitensis-abortus*, qui sont en cause dans la fièvre méditerranéenne. Mis tout simplement en suspension dans l'eau physiologique à 7,5 pour 1000 et chauffés au bain-marie, les divers échantillons ne se comportent pas de la même manière. Les uns s'agglutinent après que la température est montée et restée quelque temps à 85-90°. Les autres ne s'agglutinent jamais, même après deux et trois heures de chauffage dans les mêmes conditions, à la même température. Or les deux catégories correspondent à deux groupes connus. Ce sont les *paramelitensis* qui floculent; ce sont les *Melitensis* ordinaires qui sont stables et ne floculent pas.

Nous appelons *paramelitensis* les microbes de l'espèce *Melitensis* qui, peu ou point agglutinables par des sérums antimélitensis, possèdent en outre

plusieurs caractères qui leur ont été reconnus par Bassett-Smith, entre autres ceux-ci : ils sont agglutinés par les sérums non spécifiques; mauvais producteurs d'agglutinines spécifiques chez le Lapin, on n'obtient avec eux que des sérums expérimentaux de titre faible, même vis-à-vis d'eux-mêmes.

Entre les *melitensis* et le *paramelitensis* on n'a encore observé aucune différence au point de vue du pouvoir pathogène.

Les échantillons de *B. abortus* que nous possédons (au nombre de sept, provenant de la Collection de l'Institut Lister et des Laboratoires fédéraux de Washington, ne floculent pas; ils appartiennent au type *Melitensis*.

La floculation, vers 90°, des suspensions en eau physiologique est donc un caractère qui distingue le *Paramelitensis* du *Melitensis*.

La seule différence qu'on puisse noter entre les cultures, sur gélose ordinaire, de *paramelitensis* et de *Melitensis*, est la consistance un peu plus sèche, à peine grumeleuse, que le *paramelitensis* prend en vieillissant. Mais les suspensions en eau physiologique des microbes des deux types ont le même aspect : avant le chauffage, aucun indice de floculation, pas le moindre grumeau : *Melitensis*, *abortus* ou *paramelitensis*, ces bactéries sont de celles qui se laissent mettre le mieux en suspension.

La floculation des *Paramelitensis* n'est pas également rapide et complète pour tous les échantillons. Les uns floculent en quelques minutes; les autres demandent 20 et même 30 minutes de chauffage; avec les premiers, les flocons sont plus gros, le liquide surnageant s'éclaircit vite et complètement; avec les autres les flocons sont très fins, le liquide reste plus ou moins louche, l'éclaircissement est lent et incomplet.

Les échantillons qui floculent le mieux sont ceux qui possèdent au plus haut degré les caractères du *paramelitensis*, entre autres la faible aptitude à produire des agglutinines spécifiques chez le lapin.

D'un même échantillon, une culture vieille flocule moins vite qu'une culture jeune. Le caractère s'affaiblit à mesure que la culture vieillit et tend à disparaître.

Si l'on remet en suspension, dans de l'eau physiologique neuve, le dépôt d'une suspension qui a floculé, la nouvelle suspension est parfaitement homogène; mais elle est beaucoup plus instable que la première; chauffée, elle flocule très vite; abandonnée à elle-même à la température ordinaire, elle flocule spontanément en quelques heures.

Vis-à-vis des sérums agglutinants, le chauffage diminue l'agglutinabilité du *Melitensis* et augmente l'agglutinabilité du *paramelitensis*.

Si l'on cultive un *melitensis* dans du bouillon additionné de *paramelitensis*

tués par la chaleur, le *melitensis* acquiert la propriété du *paramelitensis :* il devient apte à floculer sous l'action de la chaleur. La propriété acquise semble d'autant plus durable que la culture associée a duré plus longtemps. Le *paramelitensis* cultivé avec des *melitensis* tués ne perd pas son aptitude à floculer.

Nous ne proposons pas encore une explication du phénomène. A première vue, il est conforme aux conditions de l'agglutination des bactéries, telles que les conçoit Bordet. La floculation sous l'action de la chaleur paraît être une extension de la tendance à l'agglutination spontanée. Tout se passe comme si la chaleur modifiait une substance ou état physico-chimique de la surface des corps bactériens, substance ou état auxquels est due la stabilité des suspensions, et qui sont moins stables chez les *paramelitensis* que chez les *melitensis*.

L'agglutination spontanée, la floculation par le chauffage, l'agglutination par les sérums non spécifiques, la faiblesse relative du pouvoir agglutinogène, ont-ils pour cause commune ces propriétés des corps bactériens? Il est intéressant de noter cette relation entre l'état physico-chimique des *paramelitensis* et les particularités de leur fonction antigène.

Nous étendons aetuellement l'étude de ce phénomène aux autres espèces bactériennes. Elles nous paraissent se répartir en trois classes : celles dont tous les échantillons (que nous avons eus à notre disposition) floculent; celles dont aucun échantillon ne flocule; et les espèces dont quelques échantillons floculent, tandis que la majorité ne floculent pas. Jusqu'ici le phénomène ne nous a pas paru présenter, dans les autres espèces, la même portée pratique que dans l'espèce *Melitensis*.

A $15^{h}20^{m}$, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Dans la formation d'une liste de candidats au cours de *Chauffage industriel et Verrerie* du Conservatoire national des Arts et Métiers, M. **Émilio Damour** obtient 23 suffrages pour la première ligne; M. **Paul Frion**, obtient 22 suffrages pour la seconde ligne.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts comprendra :

En première ligne . . . . M. **Émilio Damour**.
En seconde ligne. . . . . M. **Paul Frion**.

Dans la formation d'une liste de candidats au cours de *Céramique*, *Chaux et Ciments* du Conservatoire national des Arts et Métiers, M. **Albert Granger** obtient 23 suffrages pour la première ligne; M. **Paul Frion** obtient 20 suffrages pour la seconde ligne.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Albert Granger**.
En seconde ligne . . . . M. **Paul Frion**.

La séance est levée à 16^h.

A. Lx.

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGTIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1925.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 180.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

X

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
76540-25 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.